

## Ciclos Biogeoquímicos em Agroflorestas na Amazônia

FLÁVIO J. LUIZÃO, SANDRA TAPIA-CORAL, JORGE GALLARDO-ORDINOLA, GUILHERME C. SILVA, REGINA C.C. LUIZÃO, LUCERINA TRUJILLO-CABRERA, ELISA WANDELLI & ERICK C.M. FERNANDES

### INTRODUÇÃO

Nos trópicos úmidos, são comuns a existência de ecossistemas florestais de alta biomassa e diversidade biológica desenvolvidos sobre solos quimicamente muito pobres em nutrientes essenciais. Este é o caso da maior parte da Amazônia brasileira, onde a floresta geralmente se situa sobre solos minerais profundos, antigos, muito intemperizados e, geralmente, muito ácidos e de baixa fertilidade química natural (Teixeira & Bastos, 1989; Fernandes et al., 1997). No entanto, a floresta amazônica pode ser considerada como um ecossistema produtivo, em função de sua alta produtividade primária, representada pela fotossíntese, que é favorecida por altas taxas de insolação ao longo do ano e pela umidade, derivada das altas precipitações pluviométricas. A sobrevivência e a produtividade da floresta estariam ligadas à sua alta diversidade vegetal, composta por espécies nativas adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo, ou seja, espécies com baixa demanda por nutrientes minerais, que dependeriam, então, de uma eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta (Herrera et al., 1978; Schubart et al., 1984; Jordan, 1985; Lucas et al. 1993). Esta reciclagem depende fortemente da atividade biológica que, em condições naturais na floresta, é muito favorecida pelas altas temperaturas e umidades da região.

A conversão de uma floresta altamente diversificada em plantios agrícolas, ou pastagens com uma só espécie de gramínea, representa uma mudança drástica no ecossistema original, com impactos esperados e severos, já que quebra os mecanismos naturais de reciclagem e de proteção do sistema e introduz, desde o início, vários fatores de degradação. Esta seria a principal razão do insucesso da maioria dos empreendimentos agropecuários na Amazônia nas últimas décadas, que levou ao abandono de 200 milhões de hectares já desmatados na região (Fearnside, 1998). Em anos recentes, estas áreas abandonadas e, ou, degradadas têm sido utilizadas para experimentos que visam reintroduzi-las no processo produtivo da região e, ao mesmo tempo, evitar o desmatamento de novas áreas de florestas primárias (Vieira et al., 1993; Fernandes et al., 1999). Assim, o enriquecimento da vegetação secundária espontânea que cresce em terras abandonadas, seguido pela sua derruba sem uso do fogo e sua utilização para cultivos agrícolas (T. Sá, comunicado pessoal, 2004), bem como a implantação de sistemas agroflorestais diversificados, têm sido testados com sucesso na Amazônia brasileira, abrindo novas perspectivas de um desenvolvimento mais sustentável para a região.

Os sistemas agroflorestais (SAF's) podem ter várias formulações, de simples a complexas, baseadas na composição das espécies vegetais selecionadas e no seu arranjo espacial e, ou, temporal. Os SAF's, embora às vezes implantados após derruba e queima da floresta, têm sido propostos como alternativas



para a recuperação de áreas degradadas (Fearnside, 1998), sendo a liteira (*sensu* Vieira, 1988) produzida pelos diferentes sistemas um dos agentes promotores dessa recuperação. Para que esta contribuição seja mais efetiva, a nova liteira produzida pelos SAF's deve ser diversificada e de qualidade nutricional suficiente para cumprir os seus principais papéis no ecossistema: manter o solo coberto e protegido contra impactos diretos da chuva e do sol, mantendo assim uma maior umidade no solo; ativar a biota do solo, fornecendo carbono e nutrientes liberados pela decomposição (Luizão & Luizão, 1991; Szott et al., 1991); e contribuir para a formação de uma nova matéria orgânica do solo (Anderson & Ingram, 1993). Isto é conseguido mais rapidamente quando os SAF's são mais diversificados e mais densos, o que se refletiria mais cedo numa maior (devido a um dossel mais fechado) e mais diversificada (devido ao maior número de espécies, produzindo material de qualidades químicas diferenciadas) produção de liteira. Obviamente, dentro de cada formulação de SAF, a idade do plantio tem também um papel fundamental na produção e acumulação de liteira sobre o solo.

**FORMAÇÃO DA CAMADA DE LITEIRA SOBRE O SOLO E ESTÓCAGEM DE CARBONO E NUTRIENTES EM SAF'S COM DIFERENTES FORMULAÇÕES E IDADES**

A camada de liteira depositada sobre o solo tem importantes funções no ecossistema (Figura 1), em especial nos trópicos, onde o solo exposto ao impacto direto do sol e das chuvas fica sujeito a uma rápida degradação de suas características físicas e biológicas. Por isto, uma cobertura morta na superfície do solo deve ser mantida ou, em caso de conversão da floresta para outra forma de uso da terra, ser refeita o mais breve possível. À medida do possível, os seguintes princípios básicos deveriam ser seguidos no novo sistema de cultivo perene implantado, de forma a garantir o funcionamento básico do solo, otimizando a ação de sua biota e permitindo a continuidade do processo de reciclagem de nutrientes, como ocorre no sistema florestal original, em zonas tropicais de solos pobres, onde os estoques e fluxos de matéria orgânica respondem por uma parte considerável do aporte anual de vários dos nutrientes que as plantas utilizam (Tabela 1) (Anderson & Spencer, 1991; Luizão & Luizão, 1991; Szott et al., 1991):

- (i) manter o solo coberto com uma capa orgânica, reciclável;
- (ii) adicionar adubos verdes, sempre que possível;
- (iii) em cultivos, selecionar plantas de alta qualidade nutricional, para produção de liteira de boa qualidade;
- (iv) manter a biodiversidade do solo e das plantas utilizadas no sistema.

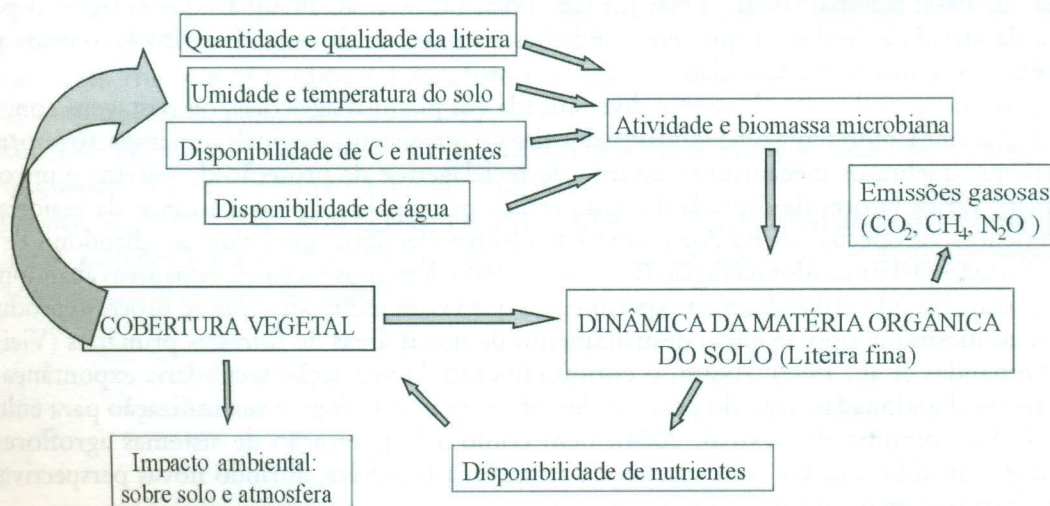


Figura 1 - Desenho esquemático das relações entre a matéria orgânica (M.O.), com ênfase na liteira fina, e os fatores controladores da dinâmica da M.O. e dos nutrientes nos ecossistemas terrestres amazônicos.



Tabela 1 – Estoques (kg ha<sup>-1</sup>) e fluxos (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) de carbono e nutrientes em florestas tropicais sempre-verdes de baixa altitude. (Fonte: Anderson & Spencer, 1991)

	C	N	P	K	Ca	Mg
<b>Estoques</b>						
Biomassa aérea	344	1334	107	955	1801	288
Liteira	37	403	12	26	180	28
Raízes	41	442	12	96	561	49
Solo	230	4581	406	249	3579	425
% chão florestal	47	80	80	28	68	64
<b>Fluxos</b>						
Chuvas: entrada		15	10,9	12	14	3,6
Enriquecimento		33	2,7	114	26	21
Queda de liteira		149	7,3	65	137	32
Igarapés: saídas		30	0,7	12	63	32

Alguns estudos efetuados pelo grupo de pesquisas em Ciclos Biogeoquímicos em Ecossistemas Terrestres da Amazônia, do INPA, servem como ilustrações sobre a importância da aplicação dos princípios acima descritos para o pleno desenvolvimento dos SAF's, tanto implantados em áreas de derruba e queima da floresta original quanto em áreas abandonadas após uso com pastagens. Estes estudos foram feitos nos estados do Amazonas e Rondônia, comparando algumas formulações dos sistemas (mais ou menos diversificados ou densos) e idades de plantio dos SAF's, dando ênfase à avaliação da influência das diferentes formulações e da idade dos SAF's sobre o estoque de liteira fina acumulado sobre o solo e seu conteúdo de nutrientes.

Os seguintes SAF's e localidades foram estudados:

- (1) em Nova Califórnia (RO), nos SAF's, sobre Latossolo Vermelho, da Associação RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado), com 12 anos de idade, e com formulação simplificada, de apenas três espécies frutíferas: cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), pupunha (*Bactris gasipaes*) e castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), plantadas em fileiras bem próximas entre si. Os SAF's foram implantados logo após a derruba e queima da floresta densa de terra firme e poucos dos 200 agricultores da Associação usaram uma cobertura verde de leguminosa forrageira (*Pueraria phaseoloides*);
- (2) em Manacapuru (AM), a 60 km de Manaus, em SAF's jovens, de 5-6 anos, sobre Latossolos e Argissolos Amarelos, em fileiras bem espaçadas, dando um aspecto aberto aos sistemas, compostos por várias espécies frutíferas (Apêndice 1) e implantados logo após a derruba e queima da floresta densa de terra firme, sem uso de uma cobertura verde de leguminosas forrageiras; e,
- (3) em Manaus (AM), nos SAF's na Unidade Experimental do CPAA/EMBRAPA, com 5-6 anos (fase 1 do estudo) ou 11-12 anos (fase 2 do estudo) de idade, em várias formulações: (i) um mais simples (AS1), baseado em duas fruteiras perenes (pupunha e cupuaçu); (ii) outro mais complexo, denominado multi-estrato, com várias fruteiras, incluindo ingá, cupuaçu e castanha-do-Brasil) e essências madeireiras (mogno, teca e paricá); e, (iii) um sistema agrossilvopastoril (ASP1), com fileiras de árvores madeireiras (paricá e mogno) associadas a uma cobertura forrageira da leguminosa desmódio (*Desmodium ovalifolium*) e da gramínea braquiarião (*Brachiaria brizantha*) (Apêndice 2). Todos os SAF's têm cerca viva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp (Leguminosae), podada duas vezes por ano e usada como adubo verde nas parcelas. No AS2 e no ASP1, o ingá (*Inga edulis* Martius) também teve sua poda incorporada como adubo verde às parcelas.

Para determinar os estoques de nutrientes na camada de liteira fina sobre o solo, em cada um dos SAF's foram coletadas de três a cinco amostras compostas de liteira, usando uma moldura de madeira de 20 x 20 cm, em três propriedades ou blocos diferentes, repetidas em duas amostragens, nas estações



chuvosa e seca. Amostras da camada superficial do solo (0-10 ou 0-20 cm) foram coletadas, destorroadas, secas ao ar, e, então, analisadas quimicamente. Para as medidas bioquímicas e caracterização físico-química do solo, foram coletadas em cada propriedade e tratamento cinco amostras compostas da camada superficial do solo (0-10 cm). O carbono contido na biomassa microbiana foi medido pelo método fumigação-extração (Vance et al., 1987); a respiração do solo foi medida pela técnica de incubação, e a umidade do solo por gravimetria (48h em estufa a 105°C). As emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e de metano (CH<sub>4</sub>) do solo, nos SAF's de Manaus, foram medidas em cromatógrafo de gás, a partir de amostras coletadas em seringas especiais, bem vedadas, em câmaras de acrílico, acopladas a anéis de PVC com diâmetro de 20 cm, inseridos no solo até 2,5 cm. Nos SAF's do RECA e de Manacapuru, a área amostrada foi geralmente de 1 a 2 hectares, em propriedades particulares, de pequenos agricultores, com formulação similar dos SAF's entre as propriedades; no CPAA, foram estudadas as três formulações diferentes de SAF's, repetidas em três blocos ao acaso, em parcelas de 3.000 m<sup>2</sup> (60 x 50 m). Em todos os casos, a liteira foi seca, pesada e classificada em frações, antes de ser moída e analisada quimicamente (N, P, K, Ca, Mg). Os nutrientes da liteira e do solo foram analisados segundo os métodos recomendados por Anderson & Ingram (1993).

### SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM ÁREAS DE FLORESTA PRIMÁRIA

Dois grupos de SAF's, implantados após derruba e queima tradicionais da floresta densa de terra firme, foram avaliados e comparados a plantios agrícolas (mandioca) e florestas remanescentes vizinhas:

1. Em Manacapuru (AM): SAF's com 5-6 anos de idade, em fileiras bem espaçadas, portanto, com baixa densidade de árvores frutíferas; e,
2. Em Nova Califórnia (RO): SAF's com 12 anos de idade, com maior adensamento de espécies frutíferas, mas formados com apenas três espécies: cupuaçu, pupunha e castanha-do-Brasil, plantadas em fileiras bem próximas entre si.

Nos SAF's de Manacapuru, a quantidade de liteira fina sobre o solo foi menor no cultivo de mandioca do que nos SAF's, que por sua vez foi menor do que na floresta (Tabela 2). Na floresta e nos SAF's, mais de 70% da liteira foi composta por materiais de rápida decomposição, enquanto que no plantio de mandioca 65% foi de material lenhoso (restos da queima), de lenta decomposição. Portanto, a liberação dos nutrientes contidos na liteira lenhosa deve ser bastante limitada e gradativa, podendo indicar uma potencial limitação de nutrientes nos plantios de mandioca em curto prazo.

**Tabela 2** - Estoque de liteira fina e de seus componentes principais (g m<sup>-2</sup>) e as porcentagens (%) de cada componente no total da liteira nos cultivos de mandioca, SAF's, e floresta (controle). Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Letras iguais, na mesma coluna, não houve diferença significativa entre tratamentos ( $p < 0,05$ )

Tratamento	Folhas	%	Material Lenhoso	%	Material Reprodutivo	%	Capim	%	Total
Floresta	325 (12) a	68	138 (27) a	29	8,78 (9,0) a	1,8	3,13 (8,3) a	0,6	<b>476 (199) a</b>
SAF	182 (87) b	62	81 (44) b	27	3,60 (3,1) b	1,2	28,8 (8,5) b	9,7	<b>295 (189) b</b>
Mandioca	36 (15) c	18	119 (32) a	65	0,72 (0,8) c	0,4	27,0 (18) a	15	<b>183 (92) c</b>

Os SAF's, embora com menores estoques totais de liteira do que a floresta, mostraram uma relação (2,8:1) no material de decomposição rápida mais elevada do que na floresta (1,7:1), indicando um potencial considerável de entrada de nutrientes para o solo. Tapia-Coral et al. (2005), avaliando SAF's, na região de Manaus, atribuiu às folhas e a outros materiais de fácil decomposição, o principal papel na entrada de carbono e nutrientes nesses sistemas. Assim, os SAF's devido à melhor qualidade nutricional da liteira (especialmente de folhas) em relação à floresta e ao plantio de mandioca (Tapia-Coral et al. (1999), apresentaram quantidades de P (na estação seca) e de bases (K, Ca e Mg) geralmente mais elevadas que na liteira da mandioca e mesmo da floresta, ), mesmo tendo um estoque de liteira com



valores intermediários entre as duas coberturas (Tabela 3). Conforme esperado, os estoques de nutrientes na liteira foram menores nos plantios de mandioca do que nos SAF's e na floresta.

**Tabela 3** - Estoques de nutrientes na liteira fina sobre o solo ( $\text{g m}^{-2}$ ) de floresta, SAF's e plantação de mandioca, nas estações chuvosa e seca. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Letras iguais, na mesma coluna, não houve diferença significativa entre tratamentos ( $p < 0,05$ ), dentro de cada estação do ano

	Estação Chuvosa			Estação Seca		
	Floresta	SAF	Mandioca	Floresta	SAF	Mandioca
C	362 (83,3) a	225 (128) b	175 (80,1) b	589 (216) a	411 (196) b	165 (130) c
N	3,80 (0,86) a	1,88(1,13) b	1,73 (0,85) b	6,52 (2,4) a	3,31 (1,47) b	1,45 (0,9) c
P	0,14 (0,06) a	0,11(0,05) a	0,08 (0,05) b	0,16 (0,06) a	0,17 (0,08) a	0,06 (0,04) b
K	0,38 (0,17) a	0,40(0,33) a	0,29 (0,17) a	1,21 (0,5) a	0,87 (0,5) a	0,24 (0,2) b
Ca	0,60 (0,3) a	0,90(0,50) a	0,49 (0,2) b	0,99 (0,4) a	1,63 (0,7) b	0,48 (0,4) c
Mg	0,39 (0,07) a	0,30(0,18) a	0,31 (0,15) a	0,85 (0,3) a	0,56 (0,2) b	0,25 (0,2) c

Neste estudo, os tratamentos não foram mantidos limpos pelos pequenos produtores, proprietários das parcelas, e, apesar disso não ter sido avaliado, provavelmente a cobertura vegetal das plantas invasoras teve um impacto positivo nas propriedades do solo. Resultados similares foram reportados por outros autores, que mostraram que as plantas invasoras têm sido eficientes em recuperar algumas das propriedades do solo (Ingram, 1990; Luizão & Luizão, 1991; Grimaldi, et al., 1993) e que a qualidade nutricional do material vegetal pode ser provida pela maior diversidade de espécies de plantas que por sua vez torna-se um dos fatores predominantes que controlam a população microbiana sobre a liteira (Witkamp, 1997).

Na estação seca do ano de estudo, intensificada pelos efeitos do fenômeno climático El Niño, a umidade do solo diminuiu drasticamente, variando de 4,7%, nas plantações de mandioca, a 5,7%, nos SAF's. Com esses níveis de água, os solos apresentaram forte declínio nos valores de biomassa microbiana e respiração do solo (Figura 2), muito menores do que os observados na estação chuvosa. O ressecamento do solo produziu um efeito geral mais homogêneo, consistindo numa drástica diminuição da população microbiana em todos os sistemas. Nenhum dos tratamentos continha biomassa microbiana maior do que  $250 \mu\text{g C g}^{-1}$  de solo (Figura 2). Ainda assim, a biomassa nas florestas e nos SAF's, similares entre si, foram significativamente maiores do que nas plantações de mandioca. A respiração do solo, embora afetada pelo ressecamento, não apresentou valores muito menores do que os medidos na estação chuvosa, indicando uma possível mudança nos grupos taxonômicos da microbiota do solo, com uma substituição dos grupos mais sensíveis ao ressecamento do solo por outros mais adaptados. Isto seria uma evidência da plasticidade da população microbiana: a pouca biomassa encontrada na estação seca apresentou atividade mineralizadora (respiração) relativamente alta.

Nos SAF's do RECA, em Rondônia, com 12 anos de idade, as massas totais de liteira acumuladas sobre o solo foram similares nas duas estações do ano, chuvosa e seca, independentemente do tipo de uso da terra (Tabela 4). Apenas para as folhas, a fração da liteira de decomposição mais rápida, houve diferenças entre as formas de uso da terra, com os SAF's acumulando maior proporção de folhas em sua camada de liteira do que a floresta (Tabela 4). O acúmulo de folhas sobre o solo sugere uma lenta atividade de organismos decompositores, a qual pode estar relacionada à baixa diversidade de espécies de liteira do SAF, sendo que duas das três espécies arbóreas, a castanha e o cupuaçu, comprovadamente produzem liteiras de baixas qualidades nutricionais (Tapia-Coral et al., 1999). A consequência disso seria a menor disponibilização de nutrientes para o solo. Na camada de liteira, o nitrogênio e o cálcio foram os nutrientes com maiores estoques, independentemente do uso da terra.



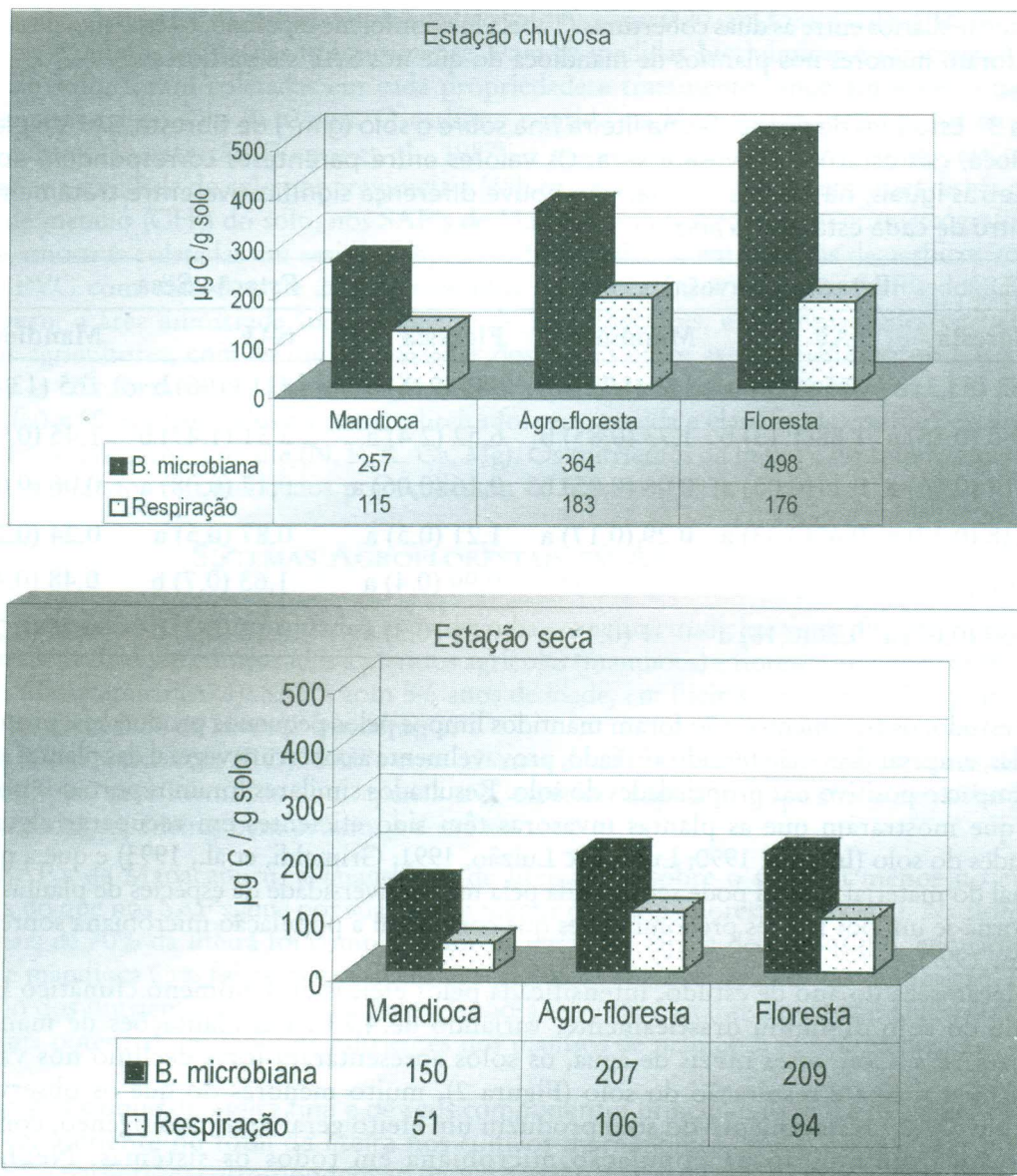


Figura 1: Biomassa microbiana e respiração do solo ( $\mu\text{g C g}^{-1}$  solo), nas estações chuvosa e seca, em plantação de mandioca, sistemas agroflorestais e florestas nativas.

**Tabela 4** - Estoque de liteira fina (total e componentes) acumulada sobre o solo ( $\text{g m}^{-2}$ ) nos sistemas agroflorestais (SAF's) do RECA, com 12 anos de idade, e em florestas densas vizinhas, na estação chuvosa e na transição entre as estações chuvosa e seca. (Fonte: Luizão et al., 2002)

Componentes	Estação Chuvosa		Transição seca-chuvosa	
	SAF's	Floresta	SAF's	Floresta
Folhas	430	229	415	289
Material lenhoso	63	154	120	126
Flores e frutos	22	12	9	4
Total	515	395	544	419

Durante a estação chuvosa, os estoques de macro-nutrientes na liteira acumulada sobre o solo nos SAF's do RECA foram os seguintes: N =  $40,2 \text{ g m}^{-2}$ ; P =  $1,7 \text{ g m}^{-2}$ ; K =  $2,7 \text{ g m}^{-2}$ ; Ca =  $8,3 \text{ g m}^{-2}$  e Mg =  $2,8 \text{ g m}^{-2}$ .



### SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM ÁREAS DE PASTAGENS ABANDONADAS NA AMAZÔNIA CENTRAL

Numa estação experimental da EMBRAPA/CPAA, próxima a Manaus, quatro diferentes formulações de Sistemas Agroflorestais (SAF's) foram implantadas em áreas abandonadas de pastagens, com o objetivo de tornar a terra novamente produtiva, sem necessidade de derrubar novas áreas de floresta primária, e permitir o seqüestro de carbono pela nova vegetação arbórea em crescimento. O crescimento das muitas espécies arbóreas utilizadas – palmeiras, fruteiras e espécies madeireiras – foi em geral muito bom e, em menos de 10 anos, os SAF's já apresentavam biomassas aéreas consideráveis. Aos 9 anos de idade, o sistema ASP1 (agrossilvipastoril) tinha biomassa de 33 Mg ha<sup>-1</sup>, com a leguminosa arbórea glicíndia representando 31% do total; o sistema AS2 (multi-estrato) apresentou uma biomassa de 67 Mg ha<sup>-1</sup>, com dominância da espécie castanha-do-Brasil (46% do total); o sistema AS1 (fruteiras e palmeiras) tinha uma biomassa de 82 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo que a espécie pupunha representava 39% da biomassa aérea total (Macaferry et al., 2002).

O forte crescimento dos SAF's nos primeiros 10 anos permitiu a criação de uma fisionomia florestal aos dois SAF's do tipo agrossilvicultural, com o solo coberto por liteira abundante, diversificada e, via de regra, de qualidade nutricional superior à do pousio, deixado como controle do experimento. Juntamente com os adubos verdes, podados nas cercas-vivas de leguminosas (*Gliricidia sepium*) e em leguminosas (*Inga edulis*) plantadas em fileiras dentro dos SAF's, a liteira chegando ao chão dos SAF's representou um bom fornecimento de nutrientes recicláveis do material orgânico produzido, além de fornecer a necessária cobertura e proteção ao solo (Ross et al., 1990). Os SAF's também recuperaram uma fauna do solo abundante e diversificada, especialmente dos grupos funcionais dos decompositores e dos engenheiros-do-solo (Tapia-Coral et al., 1999; Cortés-Tarra, 2003).

Nos primeiros três anos de formação dos SAF's, houve um rápido aumento na diversidade de espécies vegetais nos sistemas, considerando-se aqui tanto as espécies plantadas como as de crescimento espontâneo; porém, a biomassa só aumentou consideravelmente a partir dos cinco anos de idade, conforme pode ser ilustrado pelo sistema AS1 (Tabela 5). A este crescimento, esperava-se que se associasse uma melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo, uma vez que é conhecida a capacidade das plantas de recuperá-las, mesmo a partir de condições muito desfavoráveis (Grimaldi et al., 1993).

**Tabela 5** - Número de espécies de plantas e conteúdo de carbono na biomassa aérea no sistema AS1 (palmeiras, cupuaçu e espécie madeireira de rápido crescimento) desde o período de implantação dos sistemas até os 12 anos de idade

Idade (anos)	0	1	2	3	7	11	12
Nº de espécies	10	15	23	25	30	53	42
Carbono (Mg ha <sup>-1</sup> )	4,2	5	6	14	38	40	44

A diversidade e a biomassa de invertebrados no solo desenvolveram-se de forma coordenada com a biodiversidade e biomassa aérea, bem como com a cobertura do solo (verde ou morta). Aos 3 anos de idade, os SAF's com maior densidade e diversidade de invertebrados foram os ASPs (Sistemas Agrossilvipastoris), com espécies de árvores madeiráveis associadas a coberturas de gramíneas (*Brachiaria* spp) e uma leguminosa forrageira (*Desmodium ovalifolium*), que já estavam bem desenvolvidas e produziam liteira suficiente para cobrir a superfície do solo (Fernandes et al., 1999). No sistema multiestrato (AS2 – mistura de muitas espécies frutíferas e madeireiras), não foram encontrados Diplopoda; os Isopoda foram encontrados apenas debaixo de maracujá, que já formava uma capa fina, porém contínua, de liteira. Nos sistemas AS1 (duas espécies de palmeiras arbóreas, misturadas a cupuaçu e uma espécie madeireira) e AS2, não houve invertebrados na liteira, quase inexistente, estando os animais apenas no solo, com um total de onze grupos de invertebrados no solo, contra quinze grupos registrados no solo e liteira dos sistemas ASPs. As densidades de invertebrados na camada de liteira nestes últimos,



338 ind. m<sup>-2</sup> (12% do total da fauna até 25 cm de profundidade no solo) no ASP1 e 205 ind. m<sup>-2</sup> (9% do total) no ASP2, foram similares às da sucessão secundária (CAP), quatro anos mais antiga (352 ind. m<sup>-2</sup> o 13% del total).

Aos cinco anos de idade, quando as árvores haviam crescido e já produziam considerável quantidade de liteira, a densidade e biomassa da macrofauna foram maiores nos ASPs, e principalmente no sistema mais diversificado (AS2- multiestrato) (Tabela 6), e geralmente maiores nas liteiras de cupuaçu e palmeiras (Tapia-Coral et al., 1999). Os invertebrados foram também abundantes nas entre-linhas, onde periodicamente se depositavam resíduos vegetais derivados das capinas regulares e das podas de cercas vivas de *Gliricidia sepium*. A densidade da macrofauna foi fracamente relacionada com a quantidade e qualidade da liteira sobre o solo, enquanto que a biomassa total da macrofauna mostrou relações fortes e positivas com as concentrações de nutrientes na liteira, especialmente com P nos SAF's (Luizão et al., 2001). Isto pode indicar que nos SAF's, onde as leguminosas suprem o N necessário para o sistema, pode haver deficiências de P, que poderiam ser supridas com uma maior e, ou, mais frequente adição de adubos verdes. Na capoeira, sem a introdução de leguminosas nem adição periódica de adubos verdes, a biomassa da macrofauna teve uma relação muito forte com a razão C/N. Nos SAF's, Diplopoda e Isopoda foram significativa e positivamente relacionados com a quantidade de liteira, além da relação com seu conteúdo de nutrientes (Tapia-Coral et al., 1999).

**Tabela 6** - Densidade (ind. m<sup>-2</sup>) e biomassa úmida em álcool (mg m<sup>-2</sup>) da macrofauna da liteira, nas estações chuvosa e seca, nos sistemas agroflorestais e no controle. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Letras iguais, na mesma coluna, não houve diferença significativa entre tratamentos (p < 0,001). (Fonte: Tapia-Coral et al., 1999)

Tratamento	Densidade (ind.m <sup>-2</sup> )					Grupos
	Diplopoda	Isopoda	Isoptera	Outros	Total	
AS1	1,15 (±1,09) a	51,1 (±40,2)a	0,85 (±0,0) a	4,01 (±1,89) a	57,1 a	14
AS2	4,22 (±1,03) b	85,9 (±13,3)a	0,85 (±0,0) a	4,43 (±1,02) a	95,4 a	11
ASP1	1,39 (±1,32) a	21,2 (±20,2)b	0 (±0,0) a	1,41 (±0,10) b	24,0 b	13
ASP2	1,57 (±0,59) a	29,2 (±20,1)b	0 (±0,0) a	3,13 (±0,83) a	33,9 b	12
CAP	0,67 (±0,31) a	13,9 (±7,17)b	4,96 (±0,1)b	0,27 (±0,03) b	19,8 b	9

Tratamento	Biomassa (mg m <sup>-2</sup> )				
	Diplopoda	Isopoda	Isoptera	Outros	Total
AS1	17,0 (±16,9) a	593 (± 251) a	1,16 (± 3,47) a	67,5 (±66,9) a	679 (±318) a
AS2	103 (±86,7) b	785 (±556) a	0 (± 0,0) a	23,6 (±13,1) b	912 (±604) a
ASP1	18,5 (±18,4) a	169 (±144) b	0 (± 0,0) a	11,6 (±20,8) b	199 (±165) b
ASP2	18,3 (±22,3) a	119 (±61,2) b	0 (± 0,0) a	7,2 (± 3,9) b	145 (±73,7) b
CAP	22,3 (±18,2) a	288 (±185) b	9,07 (± 22,2) a	6,5 (± 9,3) b	326 (±190) b

Nos SAF's, as espécies que produzem liteiras em maior quantidade ou de melhor qualidade nutricional apresentaram maiores densidades e biomassas de invertebrados: cupuaçu e palmeiras (e, em menor escala, os resíduos de adubos verdes e das capinas, nas entre-linhas) foram associados a densidades e biomassas mais altas da macrofauna, especialmente de Isopoda e Diplopoda (Tapia-Coral et al., 1999).

Nos SAF's com 5-6 anos de idade, os estoques de nutrientes na camada de liteira seguiram a ordem: N > Ca > Mg > K > P, uma ordem esperada para a região, com solos bem supridos de N e muito



pobres em P disponível para as plantas. Apesar da maior massa de liteira (e, conseqüentemente, de carbono) depositada sobre o solo da capoeira (4-5 anos mais velha), os SAF's, devido à melhor qualidade de liteira produzida e dos adubos verdes incorporados, mostraram estoques similares e até maiores do que a capoeira para alguns nutrientes (Tabela 7). As maiores concentrações de N foram encontradas nas liteiras das essências madeireiras plantadas; as de P, nas entre-linhas dos dois SAF's. Entre os diferentes sistemas, o tratamento AS2 apresentou estoques geralmente mais altos de P, K, Ca e Mg, especialmente na época seca, quando há uma maior massa de liteira depositada sobre o solo (Tabela 7).

**Tabela 7** - Estoques de carbono e nutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na camada de liteira de sistemas agroflorestais (5-6 anos de idade) e da capoeira adjacente (9-10 anos de idade), nas estações chuvosa e seca. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Letras iguais, na mesma coluna, não houve diferença significativa entre tratamentos ( $p < 0,001$ ), dentro de cada estação do ano. (Fonte: Tapia-Coral et al., 2005)

Tratamentos	Estação chuvosa					
	C	N	P	K	Ca	Mg
AS1	727	15.7 a	0.20 a	1.15 a	6.45 a	2.14 a
AS2	1236	38.1 a	0.54 b	3.14 b	13.7 a	3.69 a
ASP1	1335	38.0 a	0.38 b	1.99 a	21.7 b	3.13 a
ASP2	1647	47.7 b	0.33 a	2.62 b	22.5 b	4.69 b
CAP	2457	50.9 b	0.43 b	3.10 b	26.1 b	5.85 b
Tratamentos	Estação seca					
	C	N	P	K	Ca	Mg
AS1	2168	45.1 a	0.57 a	5.75 a	35.5 a	10.6 a
AS2	3345	73.1 b	1.01 b	9.92 b	57.6 b	12.6 b
ASP1	1888	52.9 a	0.42 a	4.56 a	41.7 a	7.75 a
ASP2	2407	75.1 b	0.49 a	6.93 a	36.0 a	9.28 a
CAP	3966	82.6 b	0.68 b	11.8 b	50.2 b	11.8 b

A melhor qualidade nutricional da liteira produzida pelos SAF's e o seu papel na quantidade de nutrientes que entram para o solo dos sistemas agroflorestais, pode ser visto claramente nos estudos de produção de liteira. Aos 6-7 anos de idade, os sistemas AS1 e AS2 produziram pouco mais de  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de liteira fina, ao passo que a capoeira (4-5 anos mais velha) produzia quatro vezes mais, ou seja, cerca de  $8 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Gallardo-Ordinola, 1999). No entanto, melhor qualidade nutricional da liteira produzida pelos SAF's, somada à adição de adubos verdes (das cercas vivas e da leguminosa *Inga edulis*, ambas plantadas nos sistemas e regularmente podadas e incorporadas aos solos dos SAF's), faz com que as entradas anuais de nutrientes para o solo, via material vegetal depositado sobre sua superfície, seja similar, ou até mesmos maiores para alguns dos macro-nutrientes essenciais (Tabela 8).

Esta adição de adubos verdes de boa qualidade nutricional, porém com velocidades de decomposição distintas é essencial para garantir uma liberação importante e contínua de nutrientes para o solo. No caso, a liteira de *Gliricidia sepium*, das cercas vivas, apresenta uma taxa de decomposição e liberação de nutrientes muito alta, enquanto que *Inga edulis*, plantado nos sistemas para ser regularmente podado, embora também sendo uma leguminosa, apresenta taxas de decomposição e liberação dos nutrientes mais lenta (Gallardo-Ordinola, 1999). Esta prática de manejo parece, então, essencial para que os sistemas agroflorestais sobre solos quimicamente pobres e degradados pelas pastagens ou outro uso anterior, possam atingir mais cedo um equilíbrio na ciclagem de nutrientes e, assim, desenvolver uma maior biomassa e produtividade econômica.



**Tabela 8** - Entrada anual de nutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em dois sistemas agroflorestais (AS1 - baseado em palmeiras e fruteiras perenes e AS2 - multi-estrato, com ampla mistura de fruteiras perenes e espécies madeireiras) e na sucessão secundária natural (CAP). (Fonte: Gallardo-Ordinola, 1999)

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg
<b>AS1</b>					
Liteira fina	36,8 (54%)	2,35 (72%)	5,76 (48%)	32,7 (92%)	8,64 (80%)
Adubo verde	16,8 (46%)	0,94 (28%)	6,23 (52%)	2,87 (8%)	2,11 (20%)
Total	53,6	3,29	12,0	35,6	10,8
<b>AS2</b>					
Liteira fina	36,3 (60%)	1,90 (59%)	5,01 (37%)	28,7 (84%)	8,58 (45%)
Adubo verde	24,5 (40%)	1,33 (41%)	8,57 (63%)	5,31 (16%)	10,8 (55%)
Total	60,8	3,23	13,6	34,0	19,4
<b>CAP</b>					
Liteira fina	64,1	3,82	12,6	45,2	13,6

Como conseqüência do crescimento em biomassa aérea (bem como radicular) e do contínuo aporte de materiais de melhor qualidade química à superfície do solo dos sistemas agroflorestais, espera-se um aumento dos estoques de nutrientes depositados na camada de liteira sobre o solo e uma visível melhoria no suprimento de nutrientes minerais dos solos dos SAF's. Isto foi efetivamente observado nos SAF's da EMBRAPA/CPAA com 12 anos de idade: os estoques de P, Ca e Mg na camada de liteira dos sistemas AS1 e AS2 foram significativamente maiores do que na capoeira, embora a massa de liteira nesta área fosse ainda consideravelmente maior do que nos SAF's (Silva, 2005). Na camada superior do solo, além de melhores propriedades físicas, tais como a macro-porosidade e a agregação (Cortés-Tarra, 2003), os SAF's de 12 anos apresentaram concentrações de P, K e Mg muito maiores do que a capoeira. Isto foi particularmente evidente para fósforo, elemento crítico e geralmente considerado na região como limitante à produção vegetal, que apresentou valores até três vezes maiores do que na capoeira controle (Tabela 9).

**Tabela 9** - Características da camada superficial do solo (0-10 cm) em sistemas agroflorestais baseados em palmeiras (AS1) e numa mistura de árvores frutíferas (AS2), com 12 anos de idade, comparados a pastagens e a uma sucessão secundária natural após abandono da pastagem degradada (CAP), com 16-17 anos. (Fonte: Silva, 2005)

	AS1	AS2	Pastagem	CAP
pH	4,5 a $\pm$ 0,14	4,4 ab $\pm$ 0,08	4,5 a $\pm$ 0,11	4,3 b $\pm$ 0,1
C (%)	3,1 $\pm$ 0,9	2,8 $\pm$ 0,5	3,1 $\pm$ 0,7	3 $\pm$ 0,7
N (%)	0,2 $\pm$ 0,03	0,2 $\pm$ 0,03	0,21 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,02
P ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	58,2 a $\pm$ 26,5	68,8 a $\pm$ 41,4	54,9 a $\pm$ 27,4	23,5 b $\pm$ 10,6
K ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	147 $\pm$ 126	152 $\pm$ 140	151 $\pm$ 122	119 $\pm$ 122
Mg ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	6,5 $\pm$ 2,1	7,1 $\pm$ 2,4	5,9 $\pm$ 1,8	4,5 $\pm$ 1

Além de contribuir para a melhoria da qualidade química do solo, com melhor suprimento de nutrientes minerais para as plantas, os SAF's, através de sua cobertura de liteira e fauna de invertebrados do solo associados, promoveram melhorias na estrutura física do solo, com melhor agregação e porosidade, permitindo um fluxo mais apropriado de água (melhoria do ciclo hidrológico nos sistemas)



e de gases. Um reflexo disto pode ser visto nos estudos sobre a emissão de metano dos sistemas agroflorestais de nove anos, que foi similar ao emitido pela floresta primária, todos com valores próximos a zero; numa pastagem ativa, vizinha aos SAF's, a emissão foi de  $31,7 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ ha}^{-1}$ , enquanto que na vegetação secundária (controles) foi de  $16,5 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ ha}^{-1}$ . Talvez, a alta taxa de emissão de metano da vegetação secundária em relação aos sistemas agroflorestais esteja em parte relacionada à grande quantidade de cupinzeiros epígeos existentes nesta área, e que são raros ou inexistentes nos SAF's. Porém, é certo que a melhor estrutura física do solo nos SAF's contribui para esta diferença.

#### • CONCLUSÕES

Os sistemas agroflorestais estudados, com uma seleção de espécies nativas de fruteiras e árvores madeireiras, mostraram ser uma forma eficiente para re-utilização de áreas abandonadas e, ou, degradadas na Amazônia, recuperando não apenas a capacidade produtiva da terra - alimentos e madeira, mas também vários dos serviços ambientais do ecossistema: a fixação de carbono na biomassa, a circulação da água na interface solo-plantas-atmosfera e a reciclagem de nutrientes minerais.

A recuperação dos solos e do balanço de nutrientes de pastagens abandonadas por meio de Sistemas Agroflorestais (SAF's) pode ser impulsionada pela lideira de melhor qualidade nutricional produzida pelos SAF's, e pela adição de adubos verdes (das cercas vivas e leguminosas plantadas nos sistemas), que podem compensar em grande parte a exportação de nutrientes pelas colheitas nos SAF's (frutos, palmitos, etc). Da mesma forma, o plantio prévio de leguminosas de crescimento rápido e boa qualidade química na vegetação secundária dos pousios, com a subsequente incorporação da biomassa não-queimada ao solo, pode diminuir o tempo de recuperação dos solos e do balanço de nutrientes e garantir boa produção agroflorestal.

Embora os SAF's pareçam ser uma forma potencialmente mais sustentável de uso da terra após derruba e queima de florestas maduras de terra firme, o sucesso dos experimentos de implantação de sistemas agroflorestais em áreas de pastagens abandonadas, com solos degradados, recomenda que os SAF's sejam direcionados especialmente para a recuperação das duas centenas de milhões de hectares de áreas já desmatadas e abandonadas na Amazônia brasileira.

#### • ESQUISA DE FUTURO

Para obtenção de melhores resultados, tanto na produção agroflorestal quanto na prestação de serviços ambientais, seria recomendável pesquisar o efeito do adensamento das plantas e de uma maior diversidade de espécies perenes utilizadas nos sistemas agroflorestais implantados.

A formulação de SAF's com coberturas mortas ou de forrageiras (leguminosas de cobertura ou outras) desde o início da implantação dos sistemas seria extremamente desejável na Amazônia, para proteger o solo e permitir sua recuperação física, química e biológica em curto prazo.

#### • BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANDERSON, J.M. & INGRAM, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2<sup>nd</sup> Edition. Wallingford, CAB International, 1993:172p.
- ANDERSON, J.M. & SPENCER, T. Carbon, nutrients and water balances of tropical rain forest systems subject to disturbance: Management implications and research proposals. MAB Digest 7. Paris, UNESCO, 1991. 54p.
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E.; WANDELLI, E. & LAVELLE, P. Soil macrofauna community of Amazonian agroforestry systems. *Pedobiologia*, 47:267-274, 2003.
- CORTES-TARRÁ, I.L.. Relações entre os grupos funcionais da macrofauna e o volume dos macroporos do solo em sistemas agroflorestais na Amazônia central. Manaus, AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003. 120p. Tese (Dissertação em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003.



- FEARNSIDE P.M. Agro-silvicultura na política de desenvolvimento na Amazônia brasileira: A importância e os limites de seu uso em áreas degradadas. In: GASCON, C. & MOUTINHO, P. eds. Floresta Amazônica: Dinâmica, regeneração e manejo. Manaus, INPA, 1998. p.293-312.
- FERNANDES E.C.M.; BIOT, Y.; CASTILLA, C.; CANTO, A.; MATOS, J.C.S.; GARCIA, S.; PERIN, R. & WANDELLI E. The impact of selective logging and forest conversion for subsistence agriculture and pastures on terrestrial nutrient dynamics in the Amazon. *Ciência e Cultura, Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, 49:34-47, 1997.
- FERNANDES, E.M.C.; PERIN, R.; WANDELLI, E.; SOUZA, S.G.; MATOS, J.C.; ARCO-VERDE, M.; LUDEWIGS, T. & NEVES, A. Agroforestry systems to rehabilitate abandoned pastureland in the Brazilian Amazon. In: International Symposium, Multi-strata Agroforestry Systems with Perennial Crops. Turrialba, Costa Rica, 1999. p.24-26.
- GALLARDO-ORDINOLA, J.L.E. Produção e qualidade de liteira em sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre as propriedades químicas do solo. Manaus, AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1999. 97p. Tese (Dissertação em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1999.
- GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; LUIZÃO, F., NUNES, N.; LOBATO-RODRIGUES, M.; AMBLARD, P. & TESSIER, D. Effets de la déforestation et des cultures sur la structure des sols argileux d'Amazonie brésilienne. *Cahiers Agricultures*, 2:36-47, 1993.
- HERRERA, R.; JORDAN, C.F.; KLINGE, H. & MEDINA, E. Amazon ecosystems: Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia*, 3:223-232, 1978.
- INGRAM, J. The role of trees in maintaining and improving soil productivity. Agriculture Programme Agroforestry – Amelioration of Soil by Trees Network. Nairobi, TSBF, 1990. n<sup>o</sup>. 279. 39p.
- JORDAN, C.F. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: Principles and their application in management and conservation. New York, John Wiley & Sons, 1985. 190p.
- LUCAS, Y.; LUIZÃO, F.J.; CHAUVEL, A.; ROUILLER, J. & NAHON, D. The relation between biological activity of the rain forest and mineral composition of soils. *Science*, 260:521-523, 1993.
- LUIZÃO, F.J.; TAPIA-CORAL, S.C.; BARROS, E. & WANDELLI, E.V. Relación entre la diversidad encima y dentro del suelo de sistemas agroflorestales en la Amazonía central. *Anales del Congreso Latino-Americano de Biología del Suelo*. La Habana, Cuba, 2001. p.73-76.
- LUIZÃO, R.C.C.; BARROS, E.; LUIZÃO, F.J. & ALFAIA. Soil biota and nutrient dynamics through litterfall in agroforestry systems in Rondônia, Amazônia, Brazil. Londrina, Embrapa Soja, 2002. p.93-97. (Documentos, 182)
- LUIZÃO, R.C. & LUIZÃO, F.J. Liteira e biomassa microbiana do solo no ciclo da matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia Central. In: VAL, A.; FIGLIUOLO, R. & FELDBERG, E. eds. Bases científicas para estratégias de desenvolvimento e preservação da Amazônia: Fatos e perspectivas. Vol.I. Manaus, INPA., 1991. p.65-75.
- MACFERRY, K.; FERNANDES, E. & RONDON, M. Biomass and nutrients in agroforestry systems on degraded pastures in central Amazônia. In: II International LBA Science Conference. Manaus, AM, 2002.
- MOTTA, M.S.S. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais, no município de Manacapuru, Amazonas. Manaus, AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1997. 61p. Tese (Dissertação em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1997.
- SCHUBART, H.O.R.; FRANKEN, W. & LUIZÃO, F.J. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, 2:26-32, 1984.
- SILVA, G.C. Fluxos e estoques de nutrientes, colonização por micorrizas arbusculares e influência das raízes na decomposição da liteira em sistemas agroflorestais e vegetação secundária na Amazônia central. Manaus, AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2005. 154p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2005.



- SZOTT, L.T.; FERNANDES, E.C.M. & SANCHEZ, P.A. Soil-plant interactions in agroforestry systems. *Forest Ecology Management*, 45:127-152, 1991.
- TAPIA-CORAL, S.; LUIZAO, F.L.; WANDELLI, E. & FERNANDES, E.C.M. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in Central Amazonia. *Agroforestry Systems*, 65:33-42. 2005.
- TAPIA-CORAL, S.C.; LUIZÃO, F.J. & WANDELLI, E.V. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazonia central. *Acta Amazonica*, 29: 447-495, 1999.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology Biochemistry*, 19:703-707, 1987.
- TEIXEIRA, L.B. & BASTOS, J.B. Nutrientes nos solos de floresta primária e pastagem de *Brachiaria humidicola* na Amazônia Central. Belém, EMBRAPA/CPATU, 1989. 31p. (Boletim de Pesquisa, 98).
- VIEIRA, I.C.G.; NEPSTAD, D.D.; JUNIOR, S.B. & PEREIRA, C. A importância de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazonia. In: Ferreira, E.G.; SANTOS, C.M.; LEÃO, G.M. & OLIVEIRA, L.A eds. Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazonia, vol. 2. Manaus, INPA, 1993. p.43-53.
- VIEIRA, L.S. Manual de ciência do solo. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres, 1988. 384p.

## APÊNDICES

Apêndice 1 - Lista das espécies plantadas nos sistemas agroflorestais dos pequenos produtores rurais na área de Manacapuru, AM. (Fonte: Motta, 1997).

Nome científico	Nome vulgar	Família
<i>Artocarpus altilis</i> (Sol. ex. ParK.) Fosb	Fruta-pão	Moraceae
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Jaca	Moraceae
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Pupunha	Arecaceae
<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K.	Castanha-do-Pará	Lecythidaceae
<i>Borojea sorbilis</i> (Ducke) Cuatr	Puruí-grande	Rubiaceae
<i>Carapa guianensis</i> Aubl	Andiroba	Meliaceae
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers	Piquiá	Caryocaceae
<i>Citrus sinensis</i> Osbek	Laranja	Rutaceae
<i>Euterpe oleracea</i> Martius	Açaí-do-Pará	Arecaceae
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Caesalpiniaceae
<i>Manikara zapota</i> (L) P. van. Royen	Sapotilha	Sapotaceae
<i>Mammea americana</i> Linn	Abriçó	Clusiaceae
<i>Oenocarpus mapora</i> Karsien subesp. <i>mapora</i>	Bacabinha	Arecaceae
<i>Paullinia cupana</i> H.B.K. var. <i>sorbillis</i>	Guaraná	Sapindaceae
<i>Platonia insignis</i> Mart.	Bacuri-grande	Clusiaceae
<i>Persea americana</i> Mill. var. <i>americana</i>	Abacate	Lauraceae
<i>Pouteria calmito</i> (Ruiz et Pavon) radlk	Abiu	Sapotaceae
<i>Rheedia acumiata</i> (R. et P) Pl et. Tr.	Bacuri-coroa	Clusiaceae
<i>Rheedia brasiliensis</i> (Mart.) Pl et. Tr	Bacuripari-liso	Clusiaceae



Nome científico	Nome vulgar	Família
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Bail	Biribá	Annonaceae
<i>Scleronema micranthum</i> Ducke	Cardeiro	Bombacaceae
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno	Meliaceae
<i>Talisia esculenta</i> (St. Hil) Radlk	Pitomba	Sapindaceae
<i>Theobroma grandiflorum</i> Schum	Cupuaçu	Sterculiaceae

**Apêndice 2** - Espécies plantadas nos Sistemas Agroflorestais implantados em áreas de pastagens abandonadas (AS1 e AS2) na Estação do CPAA/EMBRAPA, em Manaus, e as principais espécies que ocorrem na vegetação secundária ou capoeira, usada como controle (CAP)

Nome científico	Nome vulgar	Família	Tratamentos
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Pupunha	Arecaceae	AS1
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	Capoeirão	Rhamnaceae	AS1
<i>Euterpe oleracea</i> Martius	Açaí	Arecaceae	AS1
<i>Theobroma grandiflorum</i> (S) K. Schung	Cupuaçu	Sterculiaceae	AS1 & AS2
<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K	Castanha-do-Brasil	Lecythidaceae	AS2
<i>Carica papaya</i> L.	Mamão	Caricaceae	AS2
<i>Eugenia stipitata</i> McVaugh	Araçá-boi	Mirtaceae	AS2
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae	AS2
<i>Malpighia emarginata</i> L.	Acerola	Malpighiaceae	AS2
<i>Passiflora edulis</i> L.	Maracujá	Passifloraceae	AS2
<i>Tectona grandis</i> Nursery	Teca	Verbenaceae	AS2
<i>Inga edulis</i> Martius	Ingá	Mimosaceae	AS2 & ASPs
<i>Schizolobium amazonicum</i> Ducke	Paricá	Mimosaceae	AS2 & ASPs
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno	Meliaceae	AS2 & ASPs
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst) Stapf	Braquiarão	Gramineae	ASP1
<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweinckt	Quicuío-da-Amazônia	Gramineae	ASP2
<i>Desmodium ovalifolium</i> Wall	Desmódio	Fabaceae	ASP1 & ASP2
<i>Borreria verticillata</i> (L) G.F.W. Meyer	Vassoura-de-botão	Rubiaceae	CAP
<i>Laetia procera</i> (Poepping) Eichler	Erva-de-pássaro	Flacourtiaceae	CAP
<i>Rolandra fruticosa</i> (L) Kuntze	Estrepe	Asteraceae	CAP
<i>Vismia japurensis</i> Reich	Lacre vermelho	Clusiaceae	CAP
<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers	Lacre amarelo	Clusiaceae	CAP
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	Gliricídia	Ceasalpinaceae	Live fence