

23

Recuperação de áreas de pastagens abandonadas e degradadas através de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental

RESUMO

Apresentamos dados parciais de tecnologias desenvolvidas para a recuperação de áreas de pastagens degradadas através do uso de sistemas agroflorestais. Avaliamos aspectos agronômicos, ecológicos e econômicos de 4 modelos de sistemas agroflorestais implantados em áreas de pastagens degradadas compara-os com parcelas testemunhas de vegetações secundária.

PROBLEMA

O cenário de degradação ambiental e de pobreza da Amazônia aponta para a necessidade das instituições de pesquisa disponibilizar urgentemente tecnologias que mantenham a capacidade produtiva do solo, que aumentem a renda dos produtores fixando-o a terra, que incorporarem as áreas já alteradas ao processo produtivo e que diminuam o desmatamento das florestas primárias.

Neste projeto testa-se a hipótese de que os sistemas agroflorestais poderão tornar produtivas as áreas de pastagens abandonadas e degradadas, melhorando sua função social e ecológica.

OBJETIVO GERAL

Desenvolver tecnologia para recuperar áreas de pastagens abandonadas e degradadas, através do uso de sistemas agroflorestais, como alternativa para minimizar a pressão de desmatamento sobre as florestas primárias, e proporcionar desenvolvimento social, econômica e ecologicamente sustentável para o agricultor da Região Amazônica.

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliou-se 4 modelos de sistemas agroflorestais implantados em 1992 em áreas de pastagens degradadas situadas no km 54 da BR 174, na Estação Experimental da EMBRAPA do Distrito Agropecuário da SUFRAMA, Manaus AM. Os sistemas foram implantados após o processo tradicional de derruba e

queima da vegetação secundária estabelecida nas pastagens degradadas que foram submetidas por 6 anos ao pastejo intensivo e abandonadas há 4 anos, em média, ao processo de regeneração natural. Na época de implantação dos sistemas a vegetação secundária estabelecida após o abandono da pastagem tinha biomassa média de 16t/ha, baixa diversidade florística, com domínio do gênero *Vismia*. O solo é latossolo amarelo distrófico, de textura muito argilosa, alta densidade aparente e com as seguintes características químicas à 15 cm de profundidade: pH=4,3; N=0,2%; P=2,0ppm; K=0,09; Ca=0,89 e Mg=0,32 cmol, kg⁻¹.

O experimento teve 3 repetições em blocos casualizados em parcelas de 50m X 60m e 5 tratamentos (4 modelos de sistemas e uma área de pastagem degradada avaliada como testemunha):

- *Sistema Agrossilvicultural 1 - dominado por palmeiras (AS1)*

O Sistema Agrossilvicultural 1 é formado por linhas de pupunha (*Bactris gassipaes*), plantadas em 1992 para produção de frutos e palmito, intercaladas com linhas das fruteiras cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), plantada em 1992 e açaí (*Euterpe oleraceae*), plantada em 1994. Em janeiro de 1995 foi implantado um componente madeireiro, capoeirão (*Colubrina glandulosa*). Toda a borda deste sistema é rodeada por uma cerca viva de *Gliricidia sepium* utilizada como fonte de adubo verde através de 3 podas anuais. Até o terceiro ano, foi mantida as culturas anuais arroz, mucuna que ajudaram no estabelecimento das espécies perenes e na rentabilidade da fase de implantação dos sistemas.

- *Sistema Agrossilvicultural Multiestratificado (AS2)*

O Sistema Agrossilvicultural 2 é formado pelas fruteiras cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), genipapo (*Genipa americana*), acerola (*Malpighia glabra*), castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*) e araca-boi (*Eugenia stipitata*); pelas simiperenes, banana (*Musa paradisiaca*) e maracujá (*Passiflora edulis*); pelas madeiras teca (*Tectona grandis*) e mogno (*Swietenia macrophylla*); e pelas espécies utilizadas como adubo verde, ingá (*Inga edulis*) e *Gliricidia sepium*, plantada como cerca viva ao redor de todo o sistema. Arroz, mucuna e mandioca foram as culturas anuais plantadas entre as perenes que permaneceram até o terceiro ano.

- *Sistema Agrossilvipastoril (ASP1) – médios insumos*

Mogno (*Swietenia macrophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e ingá foram implantados em dois conjuntos de faixas triplas distanciados 20m um do outro e intercalados com faixas das forrageiras *Desmodium ovalifolium* e *Brachiaria brizantha* com uma carga de oito cabeças de gado/ha. A fileira central de cada faixa tripla é constituída por um total de 20 plantas de paricá intercaladas com 10 plantas de mogno, ladeadas por 30 indivíduos de ingá, formando um corredor de proteção para o mogno contra o ataque da mariposa *Hypspylla grandella*. O

preparo da área foi mecanizado e houve correção do solo com calcário (2t/ha) e adubação com 25 kg/ha de N, 40 kg/ha de P e 100 kg/ha de KCl. Após esta adubação inicial para as plantas anuais, mandioca, milho, feijão caupi e mucuna, que permaneceram até o terceiro ano, as plantas perenes não receberam nenhum outro tipo de fertilizante.

- *Sistema Agrossilvipastoril (ASP2) – baixos insumos*

. No sistema agrossilvipastoril 2 de baixos insumos O arranjo espacial é similar ao do Agrossilvicultural 1 entretando a gramínea utilizada em consorcio com a leguminosa *Desmodium ovalifolium* é a *Brachiaria humidicola*. Todas as atividades de implantação do sistema foram manuais, com uso mínimo de adubação química (20kg/ha de fósforo), após esta adubação inicial para as anuais arroz, mandioca e mucuna, as plantas perenes não receberam nenhum outro tipo de fertilizante.

- *Vegetação secundária (testemunha)*

A vegetação secundária testemunha é a capoeira estabelecida nas pastagens degradadas e que não foi submetida a queima. As espécies dominantes são do gênero *Vismia*, *Belucia*, *Laetia* e o arbusto *Borreria veticillata*, todas espécies tipicamente colonizadoras de solos degradados (McKerrow, 1994; Souza *et al.*, 1996a; Wandelli *et al.*, 1996a). A altura média desta vegetação é de 10 m, com dossel contínuo.

Avaliou-se as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, a produtividade e o incremento das espécies dos 4 modelos de sistemas agroflorestais (SAF) ao longo de 7 anos, comparando-os com as parcelas testemunhas de vegetação secundária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Disponibilidade de Nutrientes das Pastagens Degradadas para implantação de SAF

Os modelos de SAF adotados desenvolveram-se em áreas degradadas por atividades agropecuárias, reincorporando-as ao processo produtivo. Entretanto, por maior que seja a capacidade de fixar e ciclar nutrientes dos espécies escolhidos, deve haver reposição do que foi exportado através das colheitas para que os componentes possam desenvolver (Fernandes *et al.* 1997).

Os quatro modelos de sistemas agroflorestais testados foram implantados em áreas de pastagens degradadas através da derruba e queima da vegetação secundária, que na época de implantação dos tinha uma biomassa média de 16 t/ha. Este valor quando comparados com outros trabalhos da região representa

somente 5% da biomassa estimada para floresta primária e 30% do estimado para vegetação secundária de mesma idade, mas com histórico de uso menos intenso. Durante a queima da vegetação secundária perdeu-se grande parte dos nutrientes por volatilização e transporte. Após a queima, outra parte das cinzas foi perdida por lixiviação e erosão, restando uma pequena fração de nutrientes para ser incorporado ao solo (McKerrow, 1994). A queima da vegetação secundária de pastagens degradadas, como as das áreas deste estudo não é um processo eficiente para disponibilizar nutrientes, pois a queima da biomassa vegetal não aumentou o *status* nutricional do solo N = 0%; P = -26%; K = 9%; Ca = -10%; Mg = -2% (Wandelli *et al.*, 1996b)

Para aumentar a sustentabilidade de sistemas agroflorestais em áreas degradadas sugere-se práticas de manejo da biomassa da vegetação secundária que sejam alternativas para a derruba e queima, como pousio melhorado e capoeira enriquecida, além de manejos constantes para incorporação de matéria orgânica.

Comportamento das espécies Madeireiras

Mogno

Nos sistemas agrossilvipastoris obteve-se sucesso contra o ataque da mariposa *Hypsipyla grandella* ao plantar indivíduos de mogno entre paricá (*Schislobium amazonicum*) e ladeados por linhas de ingá (*Inga edulis*) formando um túnel vegetal de proteção. No primeiro as grandes folhas de paricá e as sombras provocadas pelas culturas anuais sombrearam o mogno. Após o segundo ano a barreira física e possivelmente mecânica, devido a presença de formigas, formada pelo túnel de ingá, protegeu o mogno do ataque de *Hypsipyla grandella*. Após o terceiro ano quando o mogno ultrapassou em altura o túnel de Ingá, até 80% de seus indivíduos foram atacados. Entretanto, no sistema agrossilvipastoril de altos insumos, aos 3 anos, o mogno já tem um fuste comercial de mais de 6 metros e o ataque não representou prejuízo econômico (Matos *et al.*, 1996; Sousa *et al.*, 1996b). Com 7 anos o mogno no sistema agrossilvipastoril de alto insumos atingiu 10,2m de altura e 12,3cm de diâmetro, no baixo insumos atingiu 8,9 m de altura e 11,9cm de diâmetro.

No sistema agrossilvicultural 2, apesar da presença do ingá ao redor do mogno, o ataque de *Hypsipyla grandella* ocorreu em altura mais baixa que no sistema agrossilvipastoril de altos insumos, pois além de estar em menor densidade, foi podado duas vezes por ano para ser usado como adubo verde e portanto, não sombreou o mogno. Com 7 anos, no sistema agrossilvicultural multiestratificado o mogno atingiu 9,5m de altura e 12,3cm de diâmetro.

Estas experiências indicam que o mogno deve ser ladeado por espécies de crescimento final maior que o ingá, para que assim o túnel formado por ela possa proteger o mogno pelo menos até o quinto ano. Nos indicam também que quando o mogno for plantado em um sistema multiestratificado, este deve ser introduzido somente depois que os demais componentes formaram um dossel

que possa conduzir o crescimento do mogno e ao mesmo tempo proteger do ataque de *Hypsipylla grandella*.

Paricá

Embora paricá (*Schisolobium amazonicum*) seja amplamente indicado na literatura como um excelente componente de sistemas agroflorestais, devido seu crescimento rápido, para as condições das pastagens degradadas da região de terra firme de Manaus está espécie não é recomendada devido seu baixo desempenho (Sousa *et al.*, 1998). A correção do solo com calcário (2t/ha) e adubação com 25 kg/ha de N, 40 kg/ha de P e 100 kg/ha de KCl no primeiro ano no tratamento de altos insumos não foi suficiente para causar um bom desempenho no paricá. A diferença de adubação influenciou somente a concentração de Ca nos tecidos vegetais (Pereira, 1998).

Castanheira

A castanha (*Bertholletia excelsa*) teve um bom desempenho atingindo 10.3m de altura e 15,5cm de diâmetro aos 7 anos sem ter recebido insumos, pois a adubação orgânica era destinada às plantas frutíferas como cupuaçu e acerola. Este desempenho confirma a tolerância da castanha para áreas degradadas

Teca

A espécies asiática teca (*Tectona grandis*) teve um ótimo desempenho até o segundo ano, após o que houve uma intensa ramificação e baixo incremento, demonstrando que além de ser uma espécie exigente em nutrientes precisa de podas de condução constantes ou ser plantada bem adensada. Apesar do baixo incremento de teca na área degradada, a partir do terceiro ano começou a frutificação.

Capoeirão

A espécie madeireira capoeirão (*Colubrina glandulosa*) destacou-se como um componente promissor de sistemas agroflorestais em áreas de pastagens degradadas pelo seu excelente desempenho, atingindo 13,3 m de altura e 13,1 cm de DAP com 4 anos. O desempenho em altura, diâmetro do tronco e área basal do capoeirão foi alto e semelhante nos três blocos estudados, independentemente do nível de fertilidade destes, indicando o adaptação desta espécie para baixos níveis de fertilidade. Aliado a alta taxa de crescimento e a alta sobrevivência (96%), o capoeirão apresentou uma arquitetura aérea bastante desejável para sistemas agroflorestais; seu fuste é retilíneo e a ramificação é monopodial; os galhos apresentam derrama natural; a copa é pequena e de baixa densidade foliar, o que permite a passagem da luz solar, favorecendo o

desenvolvimento de outros componentes. Após a colheita da madeira a 20 cm do solo a rebrota do toco é rápida, podendo-se conduzir dois rebrotos, que podem ser colhidos para esteiro após 1 ano. O arranjo espacial e temporal do capoeirão no ASP 1 (a 1 m dos açazeiros e a 2 m dos cupuaçuzeiros) permitiu um bom sombreamento ajudou a sobrevivência e a condução de um fuste reto (Wandelli *at al.*, 1998a).

Produção de plantas anuais e fruteiras

Apesar do arranjo espacial muito adensado, a produção foi satisfatória quando se avalia por unidade de área (Tabela 1 e 2), sendo que a principal espécie econômica teve maior produção quando recebeu adubo verde de ingá e gliricídia do que só de ingá.

O maracujá, banana, mamão, acerola e araçá-boi são componentes importantes que podem aumentar a renda do produtor na fase intermediária entre a substituição da colheita das culturas anuais pelas perenes. Deve-se planejar sua substituição gradativa por espécies umbrófitas assim que a disponibilidade de luz for insuficiente, geralmente após o sexto ano.

O maracujá é uma semi-perene que agregou alto valor ao sistema e que por ter sido plantada no sentido leste-oeste pode permanecer produzindo desde a fase de roça até pelo menos o oitavo ano do sistema.

Jenipapo (*Genipa americana*), que é uma espécie tipicamente conhecida pelo seu rápido crescimento, nas áreas degradadas do estudo não teve um bom desempenho alcançando somente 2.8m de altura e 3.5cm de diâmetro aos 4 anos. Isto se deve possivelmente por ser uma espécie originária das várzeas e portanto exigente em nutrientes, além da intensa herbivoria sofrida por cervídeos.

Tabela 1 - Dados de produção das culturas anuais dos sistemas⁽¹⁾.

Sistemas	Produto (Nº de plantas)	Adubação (kg/ha)	Produção ¹	Obs.
AS 1	Arroz (2) Mandioca (3)	20 de P -	400kg/ha 8+4+2t/ha	Produção do 2º cultivo Dados da 1, 2 e 3 colheitas
AS 2	Arroz (4) Mandioca (5)	20 de P -	400kg/ha 8+5+2t/ha	produção do 2º cultivo dados da 1, 2 e 3 colheita
ASP 1	Milho (5covas/m ²) Caupi (22covas/m ²)	N P K 25+40+35 -	2000kg/ha 400kg/ha	(0,4X0,5m) e área 3000m ² (0,15X0,30m) e área 3000m ²
ASP 2	Mandioca (1pl/m ²) Mandioca (7)	- -	12+8 t/ha 10+6/ha	área 2400m ² dados 1 e 2 colheita dados da 1 e 2 colheita

(1) Produção até o terceiro ano do sistema. (2) espaçamento (0,30 X 0,20m) e área de 1728m². (3) 1ª. colheita, espaçamento (2 X 1m), área de 2880m² e 2ª colheita, espaçamento (1 X 1m) e área de 2880m². (4) espaçamento (0,3 X 0,2m) e área de 1080m². (5) 2ª colheita, espaçamento (1 X 1m) e área de 1920m². (6) espaçamento (0,3 X 0,2m) e área 2400m². (7) 1ª colheita, espaçamento (2 X 1m), área de 2400m² e 2ª colheita espaçamento (1 X 1m) e área de 2400m².

Tabela 2- Produção de frutos nos Sistemas agrossilviculturais.

Espécie/ Produção	4 anos	5 anos	6 anos	7 anos
	1996	1997	1998	1999
Sistema Agrossilvicultural 1				
Cupuaçu				
Fruto/pé	2,14	4,33	1,8	4,35
Kg/fruto	0,85	0,85	0,85	0,88
Kg/ha	592,25	1201,99	503,68	1259,9
Fruto/ha	700,51	1419,78	591,3	1426,4
nº/plantas/ha- 278				
Pupunha				
Kg/ha	27,63	143,5	-	375,33
Sistema Agrossilvicultural 2				
Acerola				
Kg/ha	4,13	164,8	227,9	157,76
nº/plantas/ha - 200				
Araça-boi				
Fruto/pé	5,75	14,51	40,85	
Kg/fruto	0,06	0,06	0,06	0,04
Kg/ha	9,13	28,33	71,3	129,23
nº/plantas/ha - 64				
Maracujá				
Kg/ha	126,7	-	843,9	158,56
nº/plantas/ha - 400				
Cupuaçu				
Fruto/pé	3,56	8,87	9,92	19,03
Kg/fruto	0,85	0,85	0,81	0,95
Kg/ha	240,97	600,74	638,89	1453,25
Fruto/ha	285,12	709,74	793,84	1522,05
nº/plantas/há - 80				

Forrageiras

As pastagens consorciadas podem produzir de 7 a 10t/ha de forragem para o gado, porém o tempo de permanência de pastejo deve ser pequeno para não provocar sobrecarga. Na estação seca ha capacidade suporte para 9 cabeças por hectare no ASP1 e 15 cabeças por hectare no ASP2 durante uma semana em ciclos de pousio de 28 dias. Na estação chuvosa, como o excesso de água aumentou o efeito de compactação do solo pelo gado, o tempo de permanência deve ser de apenas 4 dias. Necessita-se de estudos complementares sobre o efeito das forrageiras utilizadas, desmodium e brizanta, no incremento do gado e o efeito de períodos de pastejos mais longos na biomassa das forrageiras.

Após a introdução da pastagem, foram encontradas 15 espécies de ocorrência espontânea nos sistemas, em comparação com as 63 espécies observadas antes da introdução das forrageiras (Sousa *et al.*, 1997). As principais espécies espontâneas observadas foram *Borreria verticillata* (l.) G.F.W. Meyer, *Lantana camara* l, *Rolandra fruticosa* (l.) Kuntze, *Solanum juripeba* Rich., *Stachytarpheta cayennensis* (l. C. Rich.) Vahl, *Vismia japurensis*, consideradas indesejáveis em pastagens; e *Borreria alata*, *Borreria latifolia* schum, *Cyperus sp*, *Commelina benghalensis* l, *Digitaria sp*, *Digitaria sp 2*, *Homolepis aturensis*

(H.B.K.)Chase, *Paspalum conjugatum* Berg., *Sorghum halepenses* (L.) Pres., consideradas como indiferentes.

Apesar da matéria seca (MS) total encontrada ser semelhante entre os sistemas, observou-se que no ASP 2 as espécies introduzidas foram responsáveis por 85,16% da MS total contra apenas 60,98 do ASP 1 (Perin *et al.*, 1997a). Já produção de liteira, fator importante na ciclagem de nutrientes, foi considerável nos dois sistemas, sendo maior no ASP 2. Enquanto a participação das leguminosas foi alta em ambos os sistemas, no ASP 1 a participação das espécies indesejáveis foi responsável por 22,43 % da MS total, implicando na necessidade de seu controle já no segundo ano de formação da pastagem. O melhor preparo do solo, aliado a utilização de maior nível de insumos, permitiu a obtenção de maior produtividade da pastagem e de uma menor infestação por espécies de ocorrência espontâneas, principalmente daquelas consideradas indesejáveis.

Dinâmica de plantas invasoras de sistemas agroflorestais

As espécies *Borreria verticillata*, *Brachiaria humidicola*, *Fimbristylis annua*, *Paspalum conjugatum* e *Solanum juripeba*, foram as invasoras mais comuns nos 4 sistemas agroflorestais. Observou-se que, os teores de N, P, K, Ca e Mg, variaram entre as espécies, sugerindo que estas espécies ao concentrarem diferentes teores de nutrientes, colocam a disposição uma biomassa diversificada de nutrientes. *S. juripeba* e *B. verticillata* apresentaram os maiores teores de N (2,71 e 2,41 % respectivamente) e Ca (1,58 e 1,54 % respectivamente), enquanto que as monocotiledoneas (*F. annua*, *P. conjugatum* e *B. humidicola*) apresentaram de um modo geral, baixos teores de N, P, K, Ca e Mg, exceto *P. conjugatum*, que apresentou as maiores concentrações de Mg.

Obteve-se uma produção de 1,4 ton/ha de biomassa total por capina distribuídos em 21,90; 2,16; 21,82; 8,43 e 3,78 kg/ha de N, P, K, Ca e Mg respectivamente (Tabela3).

Tabela 3 - Biomassa e acúmulo de macronutrientes em plantas invasoras

ESPÉCIES	BIOMASSA (kg/ha)	ACÚMULO (kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
<i>B. verticillata</i>	89,15	2,15	0,16	1,43	1,37	0,26
<i>B. humidicola</i>	343,90	3,79	0,40	5,49	0,69	0,69
<i>F. annua</i>	194,93	1,58	0,18	1,20	0,55	0,26
<i>P. conjugatum</i>	137,08	2,09	0,18	2,19	0,59	0,56
<i>S. juripeba</i>	82,80	2,24	0,19	2,02	1,31	0,31
Outras	597,95	10,05	1,06	9,49	3,92	1,70
TOTAL	1.445,80	21,90	2,16	21,82	8,43	3,78

Portanto a produção de biomassa de plantas invasoras com estoque significativo de nutrientes não pode ser desperdiçada. Após cada capina a biomassa das invasoras devem ser redistribuída nas linhas das plantas

cultivadas como uma fonte de nutriente. Esta poderá ser uma prática que deverá ser compensada entre os custos de capinas e a compra de fertilizantes.

Recuperação da cobertura vegetal pelos sistemas agroflorestais

O desempenho vegetativo das espécies utilizadas indicou que açaí, colubrina, cupuaçu, pupunha, aração-boi, castanha do para, mogno, pupunha, glirídia e ingá toleram o nível de degradação dos solos avaliados. Não apresentaram bom desempenho nestes solos as espécies acerola, jenipapo, paricá e teca.

Avaliamos o incremento de cobertura dos 2 modelos de sistemas agrossilviculturais (AS1 e AS2) de 4 anos em comparação com uma vegetação secundária de 10 anos testemunha da cobertura existente antes da implantação dos sistemas. O sistema agroflorestal multiestratificado teve o acúmulo total e a taxa de incremento anual de área basal maior do que a vegetação secundária e está foi similar ao do sistema agroflorestal dominado por palmeiras.

Apesar da vegetação secundária de dez anos ter índice de área foliar maior que os sistemas agroflorestais de 4 anos, o incremento médio anual de IAF é maior nestes, sendo 0,51 no sistema com palmeiras (Figura 1), 0,39 para o sistema multiestratificado, e um incremento de 0,35 no vegetação secundária (Wandelli e Marques, 1999)(Tabela 4). Este dados de incremento de cobertura indicam que os sistemas agroflorestais estudados têm um potencial maior para acumular biomassa do que vegetações secundárias de áreas adjacentes, com mesmo histórico de uso e também estabelecidas em solos degradados. Sistemas agroflorestais além de aumentar a capacidade produtiva de áreas degradadas, aumentar o potencial de seqüestro de carbono (Wandelli *et al.* 1998b).

Tabela 4 - Índice de área foliar (IAF) por classe de radiação e incremento médio anual.

Tipo de cobertura	IAF médio por classe de radiação				IAF Médio	Incremento Médio anual de IAF
	I (0-25%)*	II (25-50%)*	III (50-75%)*	IV (75-100%)*		
- Sistema agrof. Multiestratificado (4 anos)	1,40 (0,58)	1,44 (0,17)	1,70 (0,51)	1,76 (0,69)	1,57	0,39
- Sistema agrof. com palmeiras (4 anos)	2,04 (0,21)	1,96 (0,37)	2,05 (0,54)	2,10 (0,67)	2,04	0,51
- Veg. secundária testemunha (10 anos)	3,65 (0,11)	3,55 (0,27)	3,48 (0,64)	3,45 (0,59)	3,53	0,35

* Valores entre parênteses representam o desvio padrão.

Emissão de oxido nitroso

As pastagens degradadas estudadas liberaram 29% a mais de N₂O por ano do que a floresta primária adjacente. O fluxo de N₂O esteve diretamente

relacionado a umidade do solo e apresentou variações sazonais, tanto na pastagem abandonada quanto na floresta. Anualmente, o fluxo de N_2O da pastagem degradada variou entre 0,76 a 6,47 $ng/cm^2/h$ (média de 1,36 $Kg N_2O-N/ha.ano$) e na floresta entre 0,66 a 2,93 $ng/cm^2/h$ (média de 1,75 $Kg N_2O-N/ha.ano$) (Coolmam, 1994). Estas estimativas alertam para a possibilidade de mudanças climáticas globais se mais áreas de florestas forem substituídas por pastagens degradadas e sobre a importância de convertemos estas áreas em coberturas vegetais que minimizam a emissão de gases estufas como os sistemas agroflorestais.

Ciclagem de Nutrientes

Adubação verde

Entre as práticas de conservação do solo testadas, além do processo de ciclagem natural através da produção de liteira, avaliou-se a contribuição das leguminosas arbóreas *Inga edulis* e *Gliricidia sepium* cujo material proveniente das podas foi depositado como adubo verde nas culturas perenes. Gliricídia foi usada como cerca viva ao redor do AS1 e AS2 e produziu biomassa suficiente para pelo menos 3 podas por ano. Ingá foi plantado como componente do AS2 e produziu biomassa para duas podas anuais. A adubação verde de gliricídia (5,5/t/ha/ano) e ingá (2t/ha/ano) contribuiu substancialmente na qualidade de nutriente que entrou nos sistemas principalmete de K, P e Mg (Tabela 5) e demandou anualmente 10homens/dia (Perin *et al.* 1998; Wandelli *et al.*, 1999). Como a decomposição do material de gliricídia é muito rápida (meia-vida de 16,4 dias), o adubo verde de ingá, com decomposição menos lenta (meia-vida de 25,5 dias) (Gallardo, 1998), deve ser depositado por cima deste. A concentração de nutrientes que entrou pela adubação verde no AS2 foi maior que no AS1 pelo fato que a primeira recebeu a entrada de gliricídia e ingá enquanto que o AS1 recebeu apenas o material da poda das cercas vivas. Com 183 indivíduos de ingá/ha, representarem somente 18% dos indivíduos arbóreos de cada parcela de sistema, sua parte aérea produziu através das podas aproximadamente 2 toneladas por ano e disponibilizou para as espécies frutíferas as quantidades dos elementos N, P, K, Ca e Mg equivalentes a aplicação de 411kg de uréia, 132kg de superfosfato simples, 141kg de cloreto de potássio e 560kg de calcário dolomítico (Perin *et al.*, 1998). A alta produção de biomassa de ingá e gliricídia observada permite concluir que estas espécies são tolerantes a áreas degradadas e a podas.

Liteira

A produção anual de liteira foi maior nas capoeiras (8,2t/ha) que nos sistemas agroflorestais (AS2 = 2,3 t/ha; AS1= 2,1 t/ha). Entretanto, as maiores concentrações de nutrientes da liteira produzida pelos SAF, especialmente de bases trocáveis (K, Ca e Mg), compensou a menor produção de necromassa em

Tabela 5 - Entrada anual de material seco e total de nutrientes originários das podas de ingá e da cerca viva de gliricídia (usados como adubação verde) e incorporado ao AS1 e AS2.

Tratamento	Biomassa kg/ha/ano	N	P	K Kg/ha/ano	Ca	Mg
AS1						
Gliricídia	5161	160,8	10,94	16,23	20,87	20,11
AS2						
Gliricídia	5976	190,5	10,09	17,22	30,32	20,44
Ingá	2050	50,04	10,34	10,35	10,99	10,51
Total	8026	240,5	10,43	80,57	50,31	20,95

relação à capoeira, sendo que a entrada total de nutrientes nos SAF (somando-se a adubação verde à liteira fina) foi maior do que a da capoeira (Gallardo, 1999). Assim, a adubação verde desempenha um papel vital no estabelecimento dos SAF, no balanço dos nutrientes e na economia de recursos com a compra de adubos.

Biota do solo

Usando-se a população microbiana do solo como um indicador da condição bioquímica do solo, verificou-se que todos os sistemas agroflorestais introduzidos estão contribuindo para a recuperação dos solos degradados de pastagens de forma mais rápida e eficiente do que a regeneração natural da capoeira testemunha (Tapia-Coral, 1998). Obteve-se indicações de que os sistemas mais diversificados floristicamente (AS2) favoreça mais o desenvolvimento da atividade microbiana do solo do que o sistema de maior cobertura vegetal (AS1). A atividade da biomassa microbiana foi significativamente maior (ANOVA, $F=4,82$; $p<0,01$) em todos os tratamentos de sistemas agroflorestais do que na capoeira, sendo um pouco mais alta no sistema multiestratificado (AS2), que possui maior diversidade, do que nos demais. Foi detectada uma relação positiva ($r^2 = 32,0$; $p<0,005$) entre a biomassa microbiana e as variáveis densidade aparente, porosidade total e umidade do solo (Tapia-Coral *et al.*, 1997).

A partir do quinto ano de implantação dos sistemas a densidade de macrofauna do solo foi significativamente mais alta sob o solo de pupunha e cupuaçu (4000 e 3000 ind/m², respectivamente) do que sob as outras espécies de árvores. O solo sob pupunha e cupuaçu também teve um maior número de taxa de macrofauna. Os Hymenopteras, Isopteras e Isopodas são responsáveis pelos altos valores de densidade, e os Oligochaetas endógenas pela altos valores de biomassa. Há uma relação positiva entre a quantidade de Bio-C (Carbono da biomassa microbiana) da liteira, a densidade de isópodas, diplópodas e cupins e a diversidade florística dos sistemas agroflorestais. Observou-se também uma relação positiva entre Bio-C, densidade, porosidade total e umidade do solo

sugerindo que o papel da macrofauna do solo como um forte componente dos sistemas agroflorestais na recuperação das áreas degradadas.

Fertilidade do solo

Ao longo do desenvolvimento dos sistemas, observou-se diminuição das bases no solo em todos os sistemas (Tabela 6) possivelmente devido: 1) a exportação de nutrientes pelos grãos (arroz, caupi), frutos (cupuaçu, acerola, aracha-boi, maracujá, mamão), palmito (pupunha), maniva e tubérculos (mandioca); 2) incremento de biomassa na plantas cultivadas e 3) lixiviação, principalmente nos primeiros anos quando a cobertura das plantas e da liteira não está bem estabelecida (Matos *et al.*, 1996b; Wandelli *et al.*, 1997). Os valores de P foram maiores nos sistemas em relação à pastagem abandonada em função do P aplicado. Esta diminuição de nutrientes observadas nos solos dos sistemas, são similares as do solo sob a vegetação secundária testemunha, no entanto, os sistemas incorporaram as áreas degradadas ao processo produtivo através de sucessivas colheitas de culturas anuais e perenes, além de apresentarem taxa anual de incremento de biomassa aérea, onde os nutrientes são estocados, maior que a da capoeira.

Tabela 6 - Análise química do solo antes da implantação dos sistemas (após a queima da capoeira) e no quinto ano de desenvolvimento dos sistemas agroflorestais.

Tratamento	PH		P Mg/kg		K		Ca cmol _c /kg		Mg		Sat. Al %	
	Idade		Idade		Idade		Idade		Idade		Idade	
	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
ASP1	4,4	4,5	2,2	3,0	0,14	0,08	1,27	0,54	0,47	0,24	34,6	54,9
ASP2	4,3	4,4	1,7	2,8	0,13	0,09	0,86	0,36	0,31	0,17	49,7	65,2
AS1	4,3	4,3	1,9	1,6	0,12	0,05	0,87	0,50	0,33	0,12	48,5	63,5
AS2	4,3	4,3	1,6	1,6	0,10	0,05	0,75	0,24	0,33	0,15	53,1	74,2
Capoeira	4,5	4,3	2,6	1,2	0,20	0,07	1,27	0,42	0,52	0,31	34,6	56,1

Aspectos econômicos

De acordo com os indicadores econômicos os modelos de sistema agrossilvicultural, AS 1 e AS 2 apresentaram taxa interna de retorno acima de 14% ao ano, o que os torna viável e alternativo aos atuais sistema de uso da terra. Entretanto os custos da fase de implantação (período de preparação da área e de mudas até o primeiro ano de plantio) dos sistemas indicam que a recuperação de áreas degradadas é onerosa e os produtores que se dedicarem a esta atividades devem receber fomento adequado pelos serviços ambientais que prestam, até que a atividade comece a ser sustentável. Para a implantação dos sistemas, foram gastos com mão de obra, insumos (implementos, construção de viveiros, produção de mudas, adubos, sementes, transporte, etc.) US\$3000 em

dois anos e demandou 240.1, 187.5, 128.8 e 151,4 homens/dia/ha, respectivamente no AS1, AS2, ASP1 e ASP 2.

A “derruba e queima” incluindo broca, derruba, queima, coivara, e limpeza, são atividades que demandam de 40 a 60 homens/dia/ha de acordo com os sistemas de produção para a monocultura de mandioca da Região. Nos 4 modelos de sistemas agroflorestais testados, esta atividade demandou 47 homens/dia/ha incluindo todas as espécies. Nesta lógica, a diversificação do sistema de produção diminui os custos com a mão de obra em relação a monocultura, pois as atividades podem ser realizadas simultaneamente para todas as espécies. E esta é uma das principais vantagens descritas pelos produtores que treinamos em sistemas agroflorestais.

As capinas, demandam de 30 a 40 homens/dias nas principais culturas anuais da região como, mandioca, arroz, feijão e milho. Nos sistemas agroflorestais esta atividade, realizada na fase de implantação, devido a presença das culturas anuais variou entre 35 a 50 homens/dia/hectare, provavelmente devido as entrelinhas estarem ocupadas com as culturas perenes o que exigiu maior cuidado dos operários para não danificarem as pequenas mudas. Entretanto, ainda existe a vantagem de realizar as práticas necessárias para várias espécies ao mesmo tempo e a medida que as perenes forem crescendo e diminuindo a luz que atinge o chão dos sistemas, a demanda de mão de obra diminuiu e as capinas foram substituídas por leve roçagem com terçado, realizadas duas vezes por ano demandando somente 1 homem/dia/ha, e que reincorporam os nutrientes das plantas invasoras.

A partir do quarto ano os sistemas agroflorestais testados demandaram anualmente menos de 50 homem/dia/ha (Tabela 7). O terceiro ano é o que demanda mais mão de obra devido a colheita das culturas anuais e sua substituição pelas perenes. A baixa demanda de mão de obra dos sistemas agroflorestais permite que o produtor possa realizar outras atividades produtivas na propriedade que comporão o mosaico da paisagem agrícola como, manejo florestal, hortas, roças, piscicultura, apicultura, etc.

Tabela 7 - Mão de obra necessária (dias/homem/ha) para manutenção dos sistemas agroflorestais ao longo de 8 anos.

Modelo de sistema	Dias/homem/ha							
	Preparo área 1991	Ano1 1992	Ano2 1993	Ano3 1994	Ano4 1995	Ano5 1996	Ano6 1997	Ano7 1998
Agrossilvicultural com domínio de palmeiras	46,7	193,4	182,0	126,7	43,9	29,4	31,2	33,0
Agrossilvicultural 2 multiestratificado	59,1	128,4	191,1	121,3	54,7	37,6	55,9	55,1
Agrossilvipastoril 1 (altos insumos)	47,0	81,8	214,2	33,9	44,6	15,4	10,8	2,0
Agrossilvipastoril 2 (baixo insumos)	47,0	104,4	292,0	45,2	30,6	15,4	10,8	2,0

CONCLUSÕES

Os sistemas agroflorestais, como forma de uso da terra, tornaram produtivas as áreas de pastagens abandonadas e degradadas, melhorando sua função social e ecológica.

Os sistemas agroflorestais desempenharam eficiente papel na recuperação da paisagem, entretanto a recuperação de solos de áreas degradadas é lenta. Sua sustentabilidade depende da reposição dos nutrientes do solo que são exportados através das colheitas, principalmente através da deposição da poda de leguminosas arbóreas, de permanente cobertura do solo (viva ou morta), da presença de espécies adaptadas aos solos pobres, ácidos e compactados, de práticas que estimulem a ação da biota do solo na ciclagem de nutrientes e nas condições físicas do solo.

EQUIPE

Membros - Elisa Vieira Wandelli: (M.Sc. Ecologia); Erick C. M. Fernandes: (Ph.D. Solos/Agrofloresta); Iracino Bonfim: (Técnico Agrícola); João Carlos De S. Matos (M.Sc. Microbiologia); Mário Kokay (eng. Agrônomo); Rogerio Perin: (M.Sc. Manejo de pastagens); Rubenildo Lima; (Técnico Agrícola); Silas Garcia A. De Sousa: (M.Sc. Ciências Florestais)

Colaboradores - Ari Marques de Oliveira Filho (Ph.D. Climatologia); Eleusa Barros (Ph.D. Ciências do solo); Jorge Gallardo (M.Sc. Ecologia); Luiz Carlos Rodrigues (Ph.D. Economia); Mário Jorge Dos Santos (Bs. Economia).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COOLMAN, R. Emissão de gás óxido nitroso em ecossistemas da Amazônia. Raleigh, 1994. 215p. (Tese Doutorado - North Carolina State University-NCSU-USA)

FERNANDES, E.C.M., BIOTY, CASTILLA, C., CANTO, A.C, MATOS, J.C., SOUSA, S.G. de; PERIN, R., WANDELLI, E. The impact of selective logging and forest conversion for subsistence agriculture and pastures terrestrial nutrient dynamics in the Amazon. *Ciencia e Cultura*: 49 (1/2), p. 34-47. 1997.

MATOS, J. C. de S., SOUSA, S. G. A. de, WANDELLI, E. V., PERIN, R., ARCOVERDE, M. e FERNANDES, E. C. M. Performance of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in agroforestry systems in the western amazon region of Brazil. In: *International Conference on Big - Leaf, mahogany: genetic resources, ecology and management*, San Juan, Puerto Rico, Abstracts, San Juan. 1996.

MATOS, J.C. de S.; PERIN, R.; SOUZA, S.G.A. de; WANDELLI, E.V.; ARCOVERDE, M.; FERNANDEZ, E.C.M. Alterações da fertilidade em latossolo amarelo sob diferentes sistemas agroflorestais em Manaus. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 22. Manaus. Resumos expandidos.

Manaus: SBCS. 1996. p. 682.

PEREIRA, L.A. Comportamento do paricá (*Schizolobium amazonicum* Ducke) em um sistema agroflorestal implantado em pastagem degradada. Universidade Federal do Amazonas (Dissertação para bacharelado em Eng^a Florestal). Manaus - AM, 1998

PERIN, R.; SOUSA, S. G. A. & FERNANDES, E. C. M. Caracterização da composição botânica da pastagem de dois modelos de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (34.: 1997: Juiz de Fora, MG) Anais...Ed. Rosane Scatamburlo Lizieire et. al. Juiz de Fora: SBZ, 1997. (p.351-53)

SOUSA, S. G. A. de; MATOS, J. C. de S., WANDELLI, E. V.; PERIN, R. e FERNANDES, E. Concentração e acúmulo de macro nutrientes em plantas invasoras em sistemas agroflorestais. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22. Resumos expandidos. Manaus: SBCS. 1996. p. 638.

SOUSA, S. G. A. de; MATOS, J. C. de S.; ARCOVERDE, M.; WANDELLI, E.V.; PERIN, R. e FERNANDES, E.C.M. Comportamento do mogno (*Swietenia macrophylla* King) em sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental. Forest 96 183-4, Belo Horizonte, 1996. Resumos Expandidos.

SOUSA, S.G.A.; WANDELLI, E.V.; PERIN, R.; MATOS, J.C. de S. & PEREIRA, L.A. Crescimento do Paricá (*Schizolobium amazonicum* Ducke) em sistemas agrossilvipastoris implantados em pastagens degradadas. In: Congresso Brasileiro em Sistemas Agroflorestais, 2., 1998, Belém, PA. No contexto da qualidade ambiental e competitividade: resumos expandidos. Belém: Embrapa-CPATU, 1998, p114-16.

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, R. C. C. PERIN, R. & LUIZÃO, F.J. Relação entre tratamentos agrossilviculturais implantados em solos degradados e as propriedades bioquímicas do solo In: Congresso Brasileiro de Microbiologia 19.:1997: Rio de Janeiro,RJ) Anais...Rio de Janeiro, RJ: SBM, 1997.

TAPIA-CORAL, S. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia Central. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade da Amazônia. Manaus, 1998. (Dissertação de Mestrado).

WANDELLI, E. V.; LUDWIGS, T; A MATOS, J. C. S; GARCIA, S. A. S; FERNANDES, E. C.M. A influencia do histórico do uso na diversidade da vegetação secundária de áreas degradadas na Amazônia. In: XLVII Congresso Brasileiro de Botânica 383, 1996, RIO DE JANEIRO, RESUMOS, 1996.

WANDELLI, E.U.; SOUZA, S.G.A. de; MATOS, J.C. de S.; PERIN, R.; McKERROW, A. A contribuição da biomassa da vegetação secundária na fertilidade do solo, In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22. 1996, Manaus. Resumos expandidos. Manaus: SBCS, 1996.p.688.

- WANDELLI, E. V.; PERIN, R. SOUSA, S. G. A; MATOS, J. C. de S.; SOUSA, J. N. & FERNANDES, E. C. M. Sistemas agrolforestais: Uma alternativa para recuperação das áreas de pastagens degradadas na Amazônia ocidental. In: Simpósio Brasileiro de Recuperação de Áreas Degradadas (3: 1997: Ouro Preto, MG) Trabalhos voluntários. Viçosa, MG: SOBRADE; UFV/DPS/DEF, 1997. p.487-93.
- WANDELLI, E.V. & MARQUES FILHO, A. de O. Medidas de Radiação Solar e Índice de Área Foliar em Coberturas Vegetais. Acta Amazônica 1999
- WANDELLI, E. V.; SOUSA, S. G. A de; PERIN, R.; MENEZES A.L. de; MATOS, J. C. de S. & FERNANDES, E. C. M. Capoeirão: um componente agroflorestal madeireiro para sistemas agroflorestais e áreas degradadas. In: Congresso Brasileiro em Sistemas Agroflorestais, 2., 1998, Belém, PA. No contexto da qualidade ambiental e competitividade: resumos expandidos. Belém: Embrapa-CPATU, 1998, p 122-24
- WANDELLI, E. V.; MARQUES FILHO, A.; MENEZES, A. L.; SOUSA, S.G. & PERIN, R. Comparação entre Incremento da Vegetação Secundária e Sistemas Agroflorestais Estabelecidos em Áreas Degradadas. In: Congresso de Ecologia, IV, 1998, Belém-PA. Univ. Federal do Pará, 1998.
- WANDELLI, E.V.; Garcia S.; Perin R.; Gallardo J.; Tápia-Coral, S. e Fernandes, E. Sistemas agroflorestais na recuperação de solos de áreas de pastagens degradadas da Amazônia. Rede Latino Americana de Agricultura conservacionista, Florianópolis, 1999.