

SP 7146
id 41804



**XXX CONGRESSO
BRASILEIRO DE
CIÊNCIA DO SOLO**

**SOLOS. SUSTENTABILIDADE
E QUALIDADE AMBIENTAL**

17 A 22 DE JULHO DE 2005 / RECIFE - PE



XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO

SOLOS. SUSTENTABILIDADE
E QUALIDADE AMBIENTAL

17 A 22 DE JULHO DE 2005 / RECIFE - PE

PROMOÇÃO

Sociedade Brasileira
de Ciência do Solo

ORGANIZAÇÃO



UFRPE

Embrapa

Solos

PATROCÍNIO



FEALQ

Chesf

Companhia Saneamento Básico de Pernambuco

FUNDAÇÃO

agrisus
INSTITUTO DE PESQUISA E
DESENVOLVIMENTO EM
agricultura
sustentável

CNPq



FACEPE



FINEP



CENTRO DE PESQUISA E PROMOÇÃO
ALFARO DE ALBUQUERQUE



www.capes.gov.br



SINDUSGESSO

Associação das Indústrias de Cimento e Derivados de Cimento, Catedos,
Hidratantes, Aditivos e Outros Produtos de Cimento Portland

Clique aqui para sair



MANEJO DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA NA AMAZÔNIA VISANDO AO AUMENTO DA SUSTENTABILIDADE DO USO AGRÍCOLA DO SOLO.

O. R. Kato, ¹; M.S.A. Kato¹; C. R. de Carvalho¹; R.Figueiredo¹, T. D. de A. Sá; ¹; K. Vielhauer, ²; M. Denich, ²

¹ Pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental, Trav. Enéas Pinheiro s/no, 66 095-100 Belém-Pa, ² Pesquisadores da Universidade de Bonn – Center for Development Research, Walter Flex Str. 3, D53113 Bonn - Germany

Introdução

A agricultura familiar na Amazônia, em especial na região Bragantina no nordeste do estado do Pará, é caracterizada pela prática da agricultura itinerante também conhecida como agricultura de derruba e queima, que consiste na derruba e queima da vegetação natural, cultivo agrícola de um a dois anos, seguido de pousio quando cresce a vegetação secundária (capoeira). Portanto é um sistema de cultivo principalmente de alimentos em rotação com a vegetação secundária.

Enquanto este sistema de uso da terra largamente utilizado pela agricultura familiar desta região, mantém taxas de rotação com período de pousio suficientemente longo para permitir que a vegetação secundária expresse sua capacidade, quanto à manutenção da diversidade florística, a ciclagem de água e nutrientes (Hölscher et al. 1997 a, b, Sommer et al. 2004), e ao acúmulo de carbono e nutrientes na sua biomassa (Denich 1991, Denich et al. 1999, Tippmann 2000), a produtividade dos cultivos se mantém relativamente estável. Esta estabilidade, é resultante dos efeitos deste sistema rotacional, no controle de invasoras, na proteção do solo pela rede de raízes da capoeira, e na disponibilização aos cultivos, dos nutrientes acumulados na biomassa (Denich et al. 2004). Contudo, quando o período de pousio decresce, a efetividade desses atributos decresce, comprometendo a sustentabilidade da produção agrícola (Metzger 2000).

As repetidas queimadas, representam uma contínua perda de nutrientes minerais e de mineralização da matéria orgânica (Hölscher et al. 1997 a, b) o que resulta na degradação do solo e no declínio da produtividade. Conjugados à crescente pressão populacional, e conseqüente necessidade de aumento da produção, esses fatores levam à expansão da área cultivada dentro dos limites dos lotes, contribuindo para acelerar o ciclo cultura-pousio de maneira desfavorável pela redução do período de pousio para menos de 10 anos (Metzger et al. 1998).

Em torno de 75% da região Bragantina no nordeste do Estado do Pará é coberto de vegetação secundária no lugar da floresta primária (Ferreira e Oliveira 2001), onde a agricultura familiar usa o sistema de derruba e queima.

A Amazônia possui em torno de 600 mil famílias de agricultores familiares, que produzem 70% dos alimentos básicos da população, através da agricultura de derruba e queima, e, resultando em avanço do desmatamento, emissão de gases para atmosfera que contribuem para o aquecimento global da terra e aumento dos riscos de incêndios florestais e prejudicam a saúde humana (Diaz et al 2003). No Pará, a agricultura familiar representa 88,9% dos estabelecimentos agrícolas, ocupa cerca de 40% da área cultivada, é responsável por 58,6% do valor bruto da produção (IBGE 1995/96)

Preocupados com este cenário, a Embrapa Amazônia Oriental em parceria com a Universidade de Bonn e Universidade de Göttingen desenvolveram estudos para avaliar o sistema de derruba e queima e propor alternativas ao uso do fogo e redução do período de pousio para melhorar a sustentabilidade do sistema nas condições atuais da Zona Bragantina no nordeste do Estado do Pará.

Localização da área de estudo.

O projeto é desenvolvido na Zona Bragantina, nordeste do estado do Pará, mais precisamente no município de Igarapé-Açu (Figura 1), cuja sede do município fica a 120 Km da capital Belém, com 756 Km² e 32.400 habitantes (IBGE, 2000), dos quais 40% residem na Zona Rural. Delimita-se ao norte com os municípios de Maracanã e Marapanim, ao sul com o município de Santa Maria do Pará, a leste com os municípios de Nova Timboteua e a Oeste com os municípios de Castanhal e São Francisco do Pará.

A precipitação média anual da região é de 2.500mm, sendo os meses de maior precipitação março a abril e os de menor precipitação os meses de setembro a novembro. A temperatura média anual varia de 25,5°C a 26,8°C e umidade relativa do ar 80 a 89%.

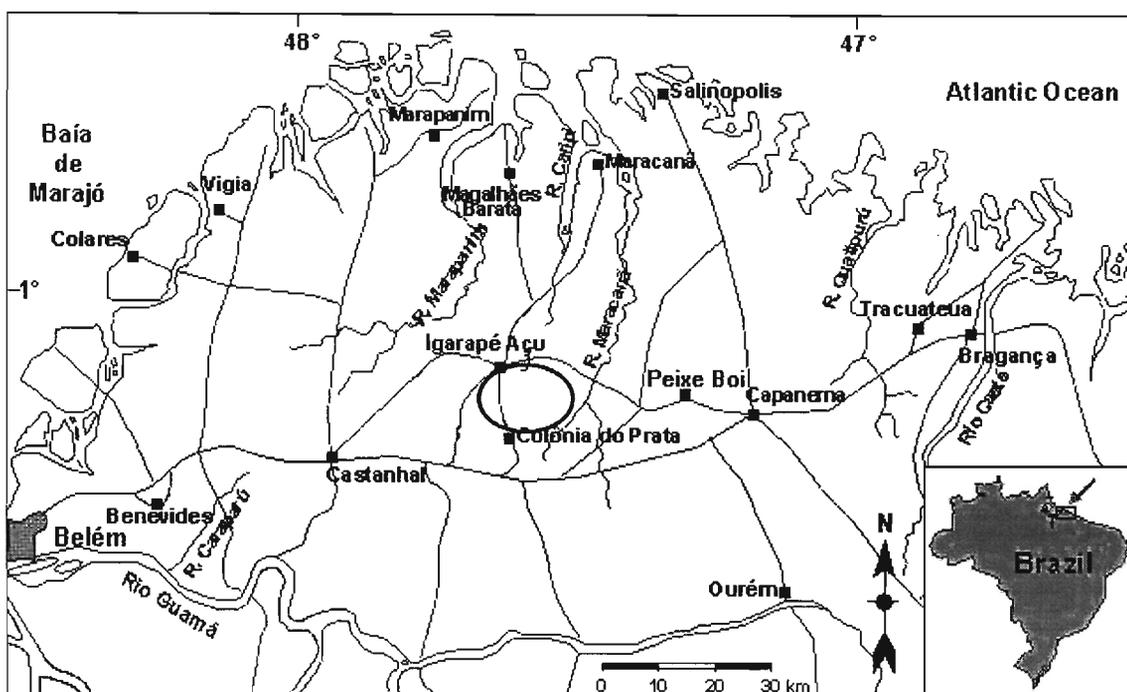


Figura 1. Mapa de localização do município de Igarapé-Açu no estado do Pará.

O solo predominante da região é Argissolo Amarelo Distrófico de textura arenosa/média, em geral com boas características físicas, ácido e de baixa fertilidade natural (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de pH, teores de N_{total} , $N_{mineral}$, P, K, Ca, Mg, Al, C e relação C/N em solos com cobertura vegetal de capoeiras de 4 e 10 anos em quatro profundidades – Igarapé-Açu, 1998.

Profundidade [cm]	pH	N_{total} %	N_{min} ----- mg kg ⁻¹ -----	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	Ca cmol(+)kg ⁻¹	Mg cmol(+)kg ⁻¹	Al cmol(+)kg ⁻¹	C %	C/N
-----Capoeira de 4 anos-----										
0 - 10	5.2	0.07	53	3.0	15	0.8	0.4	0.2	1.07	15.3
10 - 20	5.1	0.04	52	1.5	9	0.4	0.2	0.4	0.58	14.5
20 - 30	5.2	0.04	53	1.1	8	0.3	0.2	0.4	0.59	14.7
30 - 50	5.3	0.03	48	0.1	7	0.3	0.2	0.4	0.51	17.0
-----Capoeira de 10 anos-----										
0 - 10	5.1	0.07	83	2	21	0.7	0.4	0.2	0.99	14.2
10 - 20	5.1	0.06	-	1	16	0.7	0.2	0.4	0.81	13.4
20 - 30	5.2	0.05	-	0.1	10	0.3	0.2	0.5	0.72	13.1
30 - 50	5.1	0.04	-	0.1	7	0.3	0.2	0.6	0.58	14.5

n.d – Não determinado

Fonte: Kato 1998.

Caracterização da vegetação secundária do nordeste Paraense

Estudos realizados principalmente nas últimas décadas vêm comprovando a importância do papel da capoeira nos aspectos ambientais e socioeconômicos enquanto componente do sistema rotacional de uso da terra adotado pela grande parte dos agricultores da Amazônia, em especial no nordeste do Pará (Hedden-Dunkhorst et al. 2003).

Para a agricultura familiar na Amazônia, a presença da capoeira é de fundamental importância pelas inúmeras funções benéficas que ela proporciona, tais como: acumulação de nutrientes (Denich 1991, Nye e Greenland 1960), reciclagem e recuperação de nutrientes de camadas profundas do solo (Sommer, 2000), controle da erosão (Hoang Fagerstrom et al. 2002; MacDonald et al. 2002), supressão de plantas invasoras (Rouw 1995, Gallagher et al. 1999), suprimento de madeira (Sanchez 1995) e manutenção da biodiversidade (Baar 1997).

Os estudos realizados por Baar (1997) na Zona Bragantina, nordeste do Estado do Pará em 92 áreas de capoeiras com idade variando de 1 a 10 anos encontrou um total de 673 espécies de plantas, dos quais 316 eram árvores e arbustos. Apesar disso, Denich (1991) verificou que a maioria das espécies são relativamente raras, pois somente 20 espécies representa 80% das árvores e arbustos e biomassa da vegetação secundária de aproximadamente 4 anos de idade.

A diversidade florística ainda encontrada nas vegetações secundárias abriga um considerável número de espécies que tem diferentes habilidades de acumular nutrientes essenciais que podem servir para alimentar as plantas na fase de cultivo agrícola. Essa diversidade funcional foi estudada por Denich (1991) nas capoeiras do nordeste Paraense avaliando a concentração de 11 bioelementos (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fé, Zn, Cu, Na e Al) na folha e em material lenhoso de 81 espécies. Este estudo permitiu evidenciar dezesseis grupos de espécies com concentrações semelhantes de nutrientes nas folhas através de uma análise de agrupamento em 80 espécies da capoeira. Dentre os grupos, podemos citar um que abrange espécies com concentrações relativamente elevadas de fósforo (P), como por exemplo, *Cecropia palmata* e *Neea macrophylla*, e um que abrange espécies com tendência a acumular nitrogênio (N), incluindo, dentre outras, espécies do gênero *Cassia* e *Inga*.

A acumulação de biomassa aérea pela vegetação secundária (Tabela 2) é de fundamental importância ao sistema de derruba e queima, pois é nela que se acumulam os nutrientes (Tabela 3) necessários para a fase cultivo, disponibilizados para as plantas através das cinzas proveniente

da queima da vegetação durante a fase de preparo de área. Chama atenção a baixa quantidade de fósforo acumulado na biomassa da capoeira.

Tabela 2. Biomassa aérea seca ($T\ ha^{-1}$) da vegetação secundária do nordeste Paraense de diferentes idades.

Compartimento	Idade da capoeira			
	1 ano	4-5 anos	7 anos	10 anos
 $T\ ha^{-1}$			
Madeira	1-3	9-25	29-61	58-68
Folhas	<1-2	3-5	4-6	6-9
Liter	3-6	6-8	8-11	12-17
Ervas e gramíneas	<1-4	1-1	<1	<1-1
Total	8-12	19-38	42-77	78-94

Fonte: Denich et. al. 2004

Tabela 3. Macro e micro nutrientes acumulados na biomassa de vegetação secundária de 4-5 anos.

Compartimento	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu
	----- $Kg\ ha^{-1}$ -----								
Folhas	56-83	2,2-3,0	19-36	27-34	10-15	14	0,3-0,7	0,1	0,1
Madeira	39-102	1,9-5,1	32-65	43-92	11-18	16	0,4-1,2	0,2-0,4	0,1-0,4
Litter	62-106	1,6-2,4	8-11	39-102	6-13	10	0,6-1,5	0,1-0,3	0,1-0,2

Fonte: Denich et al. 2004, adaptado de Denich (1991) e Sommer (2000)

A serapilheira (*litter*) formada pelas espécies da capoeira, considerada em termos de padrão de decomposição e nutrientes (Catânio 2002), influencia a disponibilidade de matéria orgânica, já que a composição deste material influi na diversidade e na concentração de mesofauna do solo (Denich 1991) e igualmente em processos por ela mediados.

As raízes da vegetação secundária desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, pois elas atingem profundidades que podem chegar a 6 metros, recuperando nutrientes lixiviados no perfil do solo e ciclando nutrientes de camadas profundas do solo para a superfície (Wickel 2004; Sommer et al. 2001, Sommer 2000).

O sistema de derruba e queima.

O sistema de cultivo em geral, se caracteriza por envolver um a dois anos de cultivo com milho (*Zea mays*), arroz (*Oriza sativa*), caupi (*Vigna unguiculata*), e mandioca (*Mahihot esculenta*) em rotação com 3 a 7 anos de pousio, quando cresce a capoeira. A sustentabilidade

deste sistema é garantida pelo período de pousio quando ocorre o acúmulo de biomassa e nutrientes que serão utilizados na fase de cultivo agrícola (Kanashiro e Denich 1998).

O preparo de área para o plantio consiste na derruba manual da vegetação secundária e queima depois de seca. Os nutrientes acumulados na biomassa da vegetação secundária são então disponibilizados para o sistema através das cinzas provenientes da queima (Denich 1991). Um sistema praticado pela grande maioria dos agricultores familiares da Amazônia, por ser simples e de fácil operação, aumentar a fertilidade natural pela adição das cinzas que também promove a correção do solo, supressão de plantas invasoras e controlar as pragas e doenças (Nye e Greenland 1960, Juo e Lal 1977, Juo e Manu 1996).

Por outro lado, durante o processo da queima da vegetação no preparo de área, Mackensen et al. (1996) verificaram perdas de 96% de nitrogênio, 76% de enxofre, 47% de fósforo, 48% de potássio, 35% de cálcio, e 40% de magnésio em uma capoeira de aproximadamente 7 anos de idade.

Além disso, a intensificação deste sistema através da redução do período de pousio, e de longos períodos de cultivo com espécies semipermanentes como o maracujá (*Passiflora edulis*) e pimenta do reino (*Piper nigrum*) com repetidas capinas para o controle de plantas espontâneas, agravadas com o uso sistema mecanizado com aração e gradagem do solo, com eliminação das raízes da vegetação secundária, reduz a capacidade de regeneração da vegetação secundária, pois a grande maioria das espécies da capoeira regenera através da rebrota de suas raízes, aumentando a incidência de ervas e gramíneas (Denich 1991, Clausing 1997, Jacobi 1997, Nunez 1995).

Em geral, a conversão do ecossistema natural para sistema manejado, induz a uma substancial redução nos teores de matéria orgânica do solo. Essa redução é resultado das estratégias de manejo do solo adotado pelo agricultor, especialmente pela remoção dos resíduos orgânicos e distúrbios no solo que refletem negativamente na produtividade das plantas (Ayanaba et al. 1976, Lugo e Brown 1993). A deterioração das propriedades do solo pela prática agrícola nos trópicos, é causada, em geral, pela acelerada perda da matéria orgânica do solo (Tiessen et al. 1994, Shang and Tiessen 2000, McDonald et al. 2002) que leva ao declínio a disponibilidade de nutrientes e capacidade de troca de cátions, estabilidade de agregados, e aeração do solo. Para manutenção da produtividade no sistema de derruba e queima, a matéria orgânica que é perdida durante o período de cultivo tem que ser repostada na fase de pousio

(Denich et al. 2004) por isso, é requerido um tempo mínimo na fase de pousio para reposição dessas perdas.

Alternativas ao uso do fogo e redução do período de pousio no sistema de derruba e queima.

Grande esforço tem sido feito para modernizar o tradicional sistema de cultivo de derruba e queima, concentrado principalmente no restabelecimento da fertilidade do solo, supressão de plantas invasoras, melhoria de acumulação de biomassa e nutrientes em pousios mais curtos, bem como aumento do valor econômico da vegetação secundária (Denich et al. 2004).

A avaliação das limitações atuais do sistema de derruba e queima adotado pela agricultura familiar do nordeste do Pará pelo Projeto Shift Capoeira - Programa de cooperação técnica entre a Embrapa Amazônia Oriental e as Universidades de Bonn e Göttingen da Alemanha no âmbito do Programa SHIFT (Studies on Human Impact on Forests and floodplains in the Tropics) (Kanashiro e Denich 1998) - apontou a necessidade de intervenção em dois momentos do ciclo do sistema; na fase de cultivo a substituição do fogo no preparo de área pela trituração da vegetação para evitar as perdas de nutrientes pela queima da vegetação e cultivo em sistema de plantio direto (Kato et al 1999, Kato 1998), e na fase de pousio introduzir a prática da capoeira melhorada com árvores de rápido crescimento para acelerar a acumulação de biomassa e nutrientes de forma a possibilitar a redução do tempo de pousio (Brienza Junior, 1999).

Sistema alternativo de corte e trituração

O balanço negativo do sistema de derruba e queima (

Tabela 4) provocado principalmente pelas perdas de nutrientes durante a queima da vegetação durante o preparo de área para o plantio pode ser melhorado com sistema de preparo de área sem o uso do fogo (Sommer 2000, Holscher et al. 1997). Assim, a vegetação secundária não queimada servirá de fonte de material orgânico para solo, de forma a melhorar as qualidades químicas, físicas e biológicas do solo.

O preparo de área sem o uso do fogo pode ser realizado manualmente, o que demanda uma grande quantidade de mão-de-obra, sendo mais viável quando trabalhado na forma de mutirão. Na tentativa de reduzir o trabalho manual, buscou-se alternativa de forma a facilitar esta

operação utilizando-se ensiladeira de forragens, mas que acabou demandando mais mão-de-obra (Denich et al. 2004).

Tabela 4. Balanço de nutrientes nos sistemas de derruba e queima e corte e trituração.

Preparo de área (Fontes de ganhos e perdas de nutrientes)	N	P	K	Ca	Mg	S
	------(Kg ha ⁻¹)-----					
<i>Derruba e queima</i>						
Deposição atmosférica	26 ¹	4	12	30	15	22
Adubação	70	48	66	31	-	-
Perdas pela queima	-246	-8	-58	-151	-29	-35
Perdas por lixiviação	-16	-1	-11	-48	-9	-5
Perdas pela colheita	-127	-22	-78	-16	-14	-7
Balanço	-293	21	-69	-154	-37	-25
<i>Corte e trituração</i>						
Deposição atmosférica	26 ¹	4	12	30	15	22
Adubação	70	48	66	31	-	-
Perdas por lixiviação	-10	-1	-3	-25	-6	-13
Perdas pela colheita	-112	-22	-83	-14	-12	-7
Balanço	-26	29	-8	22	-3	2
Ganhos através do corte e trituração	267	8	61	176	34	27

Observação: Pousio de 3,5 anos e período de cultivo de 2 anos

¹ Inclusive fixação biológica de nitrogênio

Fonte: Denich 2004.

Pela inexistência de um implemento agrícola, a Embrapa Amazônia Oriental em parceria com a Universidade de Göttingen, projetou e construiu um protótipo de um triturador de capoeira moto mecanizado denominado de tritucap. Este equipamento é acoplado a um trator de rodas e realiza a derruba da vegetação, trituração da biomassa e distribuição sobre o terreno na forma de cobertura morta (*mulch*) em uma única operação (Block 2004). Atualmente a indústria de máquinas já lançou no mercado outros modelos de trituradores de capoeira a partir de trituradores de galhadas (Block 2004).

A trituração da biomassa aérea da vegetação secundária é realizada a uma altura de 5-10cm, de forma a manter os tocos e as raízes da vegetação secundária e assim garantir a regeneração da capoeira, pois são elas responsáveis por aproximadamente 70% da regeneração mantendo a presença da capoeira na paisagem, promovendo os serviços ambientais oferecendo melhor oportunidade de qualidade de vida. Após a trituração, o material é distribuído sobre o

solo na forma de cobertura morta (*mulch*) e o plantio é realizado na forma de plantio direto, o que está sendo denominado de plantio direto na capoeira (Kato et al. 2004a).

No sistema sem queima, a disponibilização de nutrientes agora é dependente do processo de decomposição da biomassa da capoeira triturada. Por essa razão, no primeiro momento, após a trituração, ocorre uma imobilização dos nutrientes pelos microorganismos responsáveis pelo processo de decomposição (Cattânio, 2002), requerendo a adição de fertilizantes para se obter uma boa produção (Kato et al. 1999).

Os trabalhos desenvolvidos por Kato et al. 1999, iniciados em 1994/95 com dois cultivos consecutivos (95/96 e 97/98) e período de pousio por três anos (99/01) seguido de novo cultivo (02/03) mostram que a adubação complementar nas áreas preparadas sem queima pode compensar o efeito negativo devido a imobilização dos nutrientes na fase inicial quando comparado com a produção nas áreas queimadas cuja produção é garantida pela adição dos nutrientes provenientes das cinzas (Tabela 5). Por outro lado, a produção de arroz no sistema de corte e trituração sem adubação complementar aumentou de 0,9 t ha⁻¹ para 1,5 t ha⁻¹ no segundo cultivo consecutivo, semelhante a produção nas áreas queimadas no primeiro ano de cultivo (95/96). Os resultados também evidenciam melhor estabilidade de produção de raízes frescas de mandioca no sistema sem queima ao longo dos anos.

Tabela 5. Produção (t ha⁻¹) de arroz, caupi e raízes frescas de mandioca no sistema de corte e trituração.

Preparo de área	Arroz			Caupi			Mandioca		
	95/96	97/98	02/03	95/96	97/98	02/03	95/96	97/98	02/03
VS* 4 anos									
Queima + NPK	2,7	2,7	2,9	1,6	1,6	1,4	30,2	24,6	33,8
Cobertura + NPK	2,5	3,2	3,2	1,5	2,0	1,5	28,8	26,0	28,4
Queima	1,5	1,4	1,9	0,3	0,3	0,5	16,3	11,3	15,1
Cobertura	0,9	1,5	1,4	0,2	0,6	0,3	17,7	17,4	15,5
VS 10 anos									
Queima + NPK	3,0	3,9	3,5	1,5	2,0	1,5	30,0	29,0	36,5
Cobertura + NPK	2,3	3,6	3,6	1,5	2,3	1,8	26,8	23,8	34,3
Queima	1,2	1,4	1,6	0,3	0,3	0,2	15,5	10,2	14,5
Cobertura	0,5	1,7	0,8	0,0	0,2	0,2	12,7	13,5	14,0

VS – Vegetação secundária

Fonte: Kato et al. 2004

Em estudos para avaliar os efeitos do nitrogênio, fósforo e potássio na produção de milho em áreas preparadas com corte e trituração, Büneamm (1998) verificou que o fósforo é o elemento que mais limita a produção. Apesar da baixa exigência das culturas, a baixa

disponibilidade desse elemento no solo e também na biomassa da capoeira (Tabela 2), evidenciam a necessidade de aplicação complementar do elemento. Esses resultados foram confirmados por Kato et al (2000) em experimento avaliando níveis de aplicação de fósforo, nitrogênio e potássio (Figura 2). Os resultados de pesquisa por Bünemann (1998), Kato et. al. (2000) com milho, mostraram que a medida que se aumentou as doses de P aplicado verificou aumento na produção de grãos de milho, sendo a maior resposta observada com aplicação de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Sem aplicação de P a cultura do milho não desenvolve.

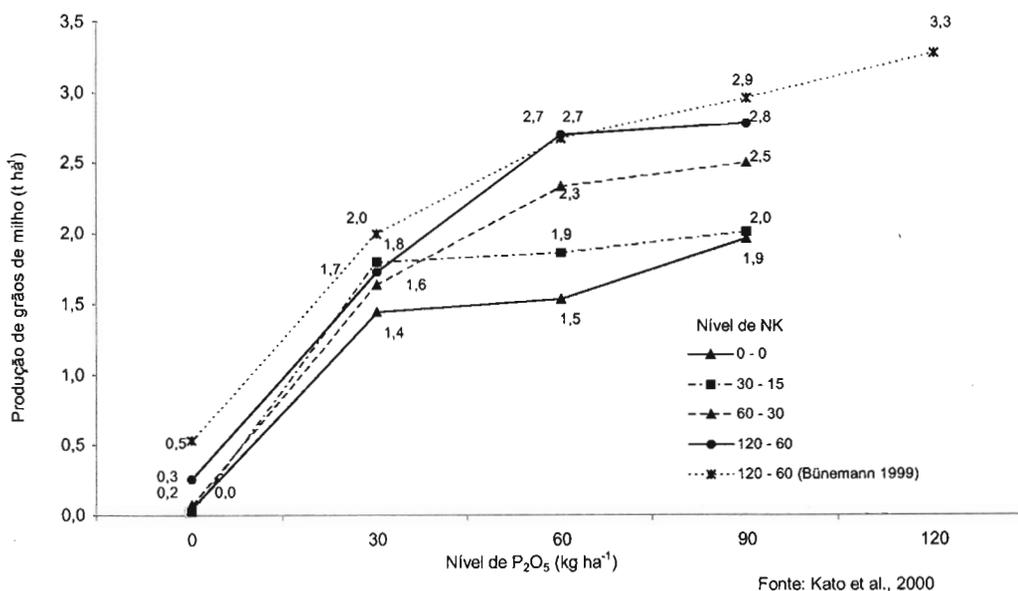


Figura 2. Produção de grãos de milhos em função da aplicação de níveis crescentes de fósforo em áreas preparadas com corte e trituração.

Seleção de genótipos milho adaptados a solos ácidos e com baixo nível de fósforo foram realizados por Kato et al. (2002), Vasconcelos e Vielhauer (2000) no nordeste Paraense. Mesmo com aplicação de somente 10 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, verificou-se genótipo com produção de 1,19 t ha⁻¹ de grãos de milho. Com aplicação de 30 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ a produção de grãos de milho de 18 genótipos de milho variou de 1,30 (Saracura e HS 201) a 2,67 t ha⁻¹ (HD 9176) e com aplicação de 60 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ as variações foram de 2,09 (BR 136) a 3,96 t ha⁻¹ (HD 9151) (Tabela 6).

Tabela 6. Produções de grãos de milho (13% de umidade) de 18 genótipos, em função de níveis de P aplicado no sistema de corte e trituração.

Genótipo	Produção de grãos, t ha ⁻¹			
	10	30	60	Média
	-----kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ -----			
HS 64x723	1,19 a	2,44 ab	2,75 cd	2,13
CMS 14-C	0,90 b	1,88 bcd	2,71 cd	1,83
SA 3	0,84 bc	1,80 cde	2,50 cd	1,71
HD 91102	0,80 bc	1,96 bcd	2,70 cd	1,82
BR 473	0,75 c	1,31 e	2,26 d	1,44
BR 5102 (Local)	0,32 d	1,71 cde	2,68 cd	1,57
HS 201	0,30 de	1,30 e	2,26 d	1,29
BR 201	0,34 d	2,21 abc	2,96 bc	1,84
CMS 28	0,28 def	1,56 de	2,38 cd	1,41
HS 11x723	0,28 d	1,99 bcd	3,46 ab	1,91
HD 9176	0,25 def	2,67 a	2,98 bc	1,97
CMS 04-C	0,23 def	1,49 de	2,37 cd	1,36
BR 136	0,23 def	1,71 cde	2,09 d	1,34
HS 200	0,18 efg	1,62 de	2,36 cd	1,39
CMS 30	0,18 efg	1,50 de	2,47 cd	1,38
HD 9151	0,08 g	1,97 bcd	3,96 a	2,00
Saracura	0,16 fg	1,30 e	2,26 d	1,24
BR 106	0,01 g	1,45 de	2,34 cd	1,27
Média	0,41	1,77	2,63	

Médias seguidas da mesma letra diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Kato et al. 2002

O sistema de corte e trituração tem sido testado para o cultivo de maracujá (*Passiflora edulis*). As melhores produções de frutos de maracujá foram alcançadas nos sistema de corte e trituração (20,7 t ha⁻¹) e aração e gradagem (21,9 t ha⁻¹). A produção de frutos de maracujá nas áreas preparadas pelo método tradicional de derruba e queima foi a que apresentou menor desempenho (14,8 t ha⁻¹). Apesar da produção nas áreas com corte e trituração ser semelhante da área com aração e gradagem, as plantas de maracujá na área com corte e trituração apresentaram melhor desenvolvimento, sofreram menor stress hídrico na época mais seca (observação visual), menor incidência de plantas invasoras e maior capacidade regenerativa da capoeira.

O sistema de corte e trituração também está sendo testado na implantação de pastagens na região de Igarapé-Açu, estado do Pará (Camarão et al. 2002). A oferta de forragem de capim

braquiarião (*Brachiaria brizanta*) associado com quicuío da Amazônia (*Brachiaria humidicola*) no sistema de corte e trituração é maior que no sistema com queima, além de ser observado menor incidência de plantas espontâneas na pastagem cultivada em áreas sem o uso do fogo no preparo de área.

Capoeira melhorada

A outra técnica associada ao sistema de corte e trituração é a melhoria de capoeira, que proporciona a redução do período de pousio de 4-10 anos para 2 anos (Denich et al. 2004, Brienza Junior 1999, Silva Junior et al. 1998), através da introdução de árvores de rápido crescimento na capoeira de forma a acelerar o acúmulo de biomassa e nutrientes num menor espaço de tempo. As seleções das espécies de rápido crescimento têm sido priorizadas as das famílias das leguminosas. As espécies de árvores leguminosas selecionadas até o momento são: *Acácia angustissima*, *Acácia auriculiformes*, *Racosperma mangium*, *Clitoria racemosa*, *Ingá edulis* e *Sclerolobium paniculatum*.

Como em geral no sistema de derruba e queima o último cultivo é a mandioca, que depois de colhida a área entra em pousio, a introdução das árvores de rápido crescimento na capoeira é realizado através do plantio das árvores ainda na fase de cultivo da mandioca. As árvores introduzidas se beneficiam dos tratos culturais que a mandioca recebe em seu cultivo e posteriormente após a colheita da mandioca, as árvores não mais recebem nenhum trato cultural específico, passando a crescer juntamente com a vegetação natural que regenera e cresce durante a fase de pousio. Essa técnica possibilita em 21 meses aumentar a produção de biomassa aérea de 13% a 132% mais que a capoeira natural neste mesmo período de tempo.

Considerando a importância da manutenção da biodiversidade da vegetação natural no acúmulo de nutrientes na biomassa para sua utilização na fase de cultivo pela diferenciação da habilidade que cada espécie apresenta em acumular diferentes nutrientes, o plantio das árvores de rápido crescimento deve respeitar um espaçamento mínimo de 2m x 2m a fim de não comprometer a regeneração das espécies da capoeira natural (Wetzel et al. 2000, citado por Vielhauer e Sá 2000).

A técnica de melhoria de capoeira é fortemente associada ao preparo de área sem o uso do fogo. A habilidade das árvores de rápido crescimento em absorver nutrientes do solo, inclusive em profundidade e a grande conversão em biomassa que acumula estes nutrientes, poderá acelerar o processo de degradação caso o fogo venha a ser utilizado no preparo de área,

em consequência das maiores perdas de nutrientes durante a queima dessa vegetação (Kato et al. 2004; Vielhauer e Sá, 2000).

O uso de árvores de rápido crescimento também pode ser utilizado na recuperação de pastagens abandonadas ou degradadas e conversão para uso na produção agrícola (Fernandes et al 1998). Nesse caso é recomendado utilizar espaçamentos de 1m x 1m de forma a adensar a plantio para suprimir as gramíneas.

Como o fósforo é o elemento mais limitante no sistema e a disponibilidade no solo são baixos e na biomassa da capoeira também são pequenas (Kato 1998, Denich 1991), mais recentemente tem merecido destaque, estudos com espécies acumuladoras de fósforo pelo Projeto Tipitamba.

Aspectos promissores do sistema alternativo sem o uso do fogo.

Intensificação do sistema de produção

A tecnologia de corte e trituração permite realizar dois ciclos de cultivo seguidos, ao passo que no sistema tradicional de derruba e queima só se consegue boa produção com um ciclo de cultivo (1 a 2 anos). Essa produção só é possível devido a liberação lenta dos nutrientes retidos na biomassa aérea triturada e distribuído na forma de cobertura morta do solo (Kato et al. 1999, Kato 1998). Essa intensificação pode ser expressa utilizando o fator de uso da terra proposto por Ruthenberg (1980) através da formula ($R = [C*100]/[C + F]$), onde C representa o número de anos de cultivo e F o numero de anos de pousio. Os fatores de uso da terra então proposto são:

- Sistema tradicional de derruba e queima: $R = 0,27$
- Sistema de corte e trituração com cultivo estendido: $R = 0,43$

Ainda considerando a possibilidade da redução do período de pouso através da melhoria da capoeira o fator de intensificação do uso da terra ficaria então:

- Sistema de corte e trituração com cultivo estendido + capoeira melhorada: $R = 0,60$

Mudança do calendário agrícola

Tradicionalmente o preparo de área para plantio é dependente do período seco para permitir secar o material vegetal derrubado e posterior queima. Como no sistema de corte e trituração não depende desse período seco, a trituração pode ser feito a qualquer época do ano, além disso, a

camada de cobertura morta conserva mais umidade no solo, permitindo a extensão do cultivo até durante a estação seca, mesmo de culturas exigentes como o arroz ou o milho (Parry e Vielhauer 2000), possibilitando mudar a época de plantio e assim obter produções fora da época normal e o produtor conseguir melhores preços no mercado (Kato et al. 2003).

Melhor balanço de nutrientes

Os estudos realizados por Sommer et al. 2004 demonstrou a importância da capoeira no sistema de corte e trituração, evitando perdas de nutrientes com a queima da biomassa aérea, contribuindo para um balanço positivo de nutrientes (

Tabela 4), ao passo que o balanço de nutrientes é altamente negativo no sistema de corte e queima, atingindo taxas de perda de cerca de 400 kg de nitrogênio, 20 kg de fósforo e 130 kg de potássio por hectare. Assim, enquanto a agricultura de corte queima ocasiona grande perda de fertilidade dos solos, o sistema de corte e trituração proporciona a recuperação gradual destes solos com adições contínuas de nutrientes e carbono.

Qualidade do solo

Toda a biomassa aérea da vegetação secundária no sistema de corte e trituração é fonte de matéria orgânica para o sistema. A quantidade dessa biomassa varia de acordo com sua idade, do sistema de uso da terra, e da intensificação do uso da terra, podendo variar de 8 T ha⁻¹ (capoeira de 1 ano) a 90 T ha⁻¹ (capoeira de 10 anos) de acordo com Denich et al. (2004) nas condições da Região Bragantina, Nordeste do Estado do Pará, região mais antiga de colonização, onde a mais de cem anos é praticada o sistema de derruba e queima. Toda essa biomassa é triturada e distribuída no solo na forma de cobertura morta, formando uma camada que varia de acordo com a biomassa da capoeira e plantio direto.

Estudos realizados no âmbito do projeto Tipitamba mostram maiores teores de carbono orgânico no solo, principalmente na camada superficial, quando o sistema de corte e trituração foi utilizado no preparo de área (Tabela 7). Na área triturada a fonte do carbono que induziu o aumento foi originada pela lixiviação da biomassa sobre o solo com as chuvas. Durante os meses seguintes o impacto foi atenuado através das perdas por volatilização e utilização como substrato pelos microrganismos do solo.

Tabela 7. Teores de carbono orgânico coletado em três épocas distintas em área de vegetação secundária, queimada e triturado no município de Igarapé-Açu, Pará.

<i>Tratamento</i>	Fev / 2002	Abr / 2003	Out / 2003
<i>Veg. secundária</i>	<i>C_{org} (g.kg⁻¹)</i>		
0-5 cm	16.55 (±2.29)	9.04 (±0.28)	13.14 (±1.81)
5-10cm	13.44 (±1.56)	7.94 (±0.13)	9.32 (±1.40)
10-20cm	10.24 (± 0.40)	6.68 (± 0.27)	9.08 (± 1.26)
20-30cm	8.81 (±0.16)	17.66 (±1.17)	8.41 (±2.08)
<i>Queimado</i>	Cultivo milho	Cultivo milho + mandioca	Início de pousio
0-5 cm	16.88 (± 2.86)	14.13 (±1.72)	11.00 (±1.35)
5-10cm	16.83 (± 0.26)	10.74 (±1.70)	8.62 (±0.45)
10-20cm	12.09 (± 1.01)	7.93 (± 0.68)	7.26 (± 0.44)
20-30cm	8.74 (± 1.51)	6.72 (±0.14)	17.66 (±1.17)
<i>Triturado</i>	Cultivo milho	Cultivo milho + mandioca	Início de pousio
0-5 cm	23.95 (± 5.59)	17.66 (± 1.17)	21.77 (± 1.16)
5-10cm	15.72 (± 0.95)	12.19 (± 0.56)	14.17 (± 1.85)
10-20cm	10.80 (± 0.97)	8.56 (± 0.57)	10.92 (± 1.11)
20-30cm	8.59 (± 0.75)	7.44 (± 0.60)	9.74 (± 3.57)

Fonte: Carvalho et al. (dados não publicados)

O estoque de carbono na biomassa microbiana do solo foi mais elevado na superfície do solo da área de corte e trituração (125 mg kg⁻¹ de C_{microbiano}) ao passo que na área queimada e capoeira esses valores ficaram em torno de 40 mg kg⁻¹ de C_{microbiano}, sendo isso bem evidente no mês de fevereiro, aproximadamente dois meses após o preparo de área e um mês do plantio de milho. Também nesse mês, a redução do C_{microbiano} em profundidade foi acentuada, provavelmente refletindo o efeito da saturação do solo com a água das chuvas.

As avaliações realizadas no mês de junho, aproximadamente seis meses após o preparo de área e com cultivo de milho + mandioca, a biomassa microbiana na área preparada com corte e trituração manteve os teores de fevereiro, e os outros tratamentos (corte e queima e capoeira) foram menores mas apresentaram valores mais elevados que em fevereiro (em torno de 55–85 mg kg⁻¹ de C_{microbiano}). A biomassa microbiana mais elevada nas áreas sob tratamento de trituração no mês de junho, provavelmente foi induzida pela manutenção de condições mais estáveis de umidade e pela maior quantidade de carbono disponível na superfície.

Dinâmica de água e nutrientes

Para avaliar os principais processos hidrológicos e as vias hídras preferenciais, assim como para quantificar os fluxos de nutrientes e água em sistemas agrícolas de produção familiar na região do nordeste paraense, Wickel (2004) realizou estudos em nível de microbacias. O

balanço de água e o comportamento hidrológico da área triturada assemelharam-se a uma área de capoeira de 4 anos e meio. O estudo apontou também para uma lixiviação de nutrientes elevada em cultivos de espécies semi-perenes, como a pimenta-do-reino e o maracujá, cultivos estes que ao longo do tempo afetam substancialmente o sistema radicular das espécies da capoeira.

Outro resultado importante da pesquisa de Wickel (2004) relaciona-se ao papel fundamental exercido pela mata ciliar, protegendo um pequeno igarapé das entradas de nutrientes, originadas das áreas agrícolas, via escoamento superficial e subsuperficial, sendo a mata ciliar determinante tanto da vazão do igarapé quanto da sua composição química. Na composição química das águas fluviais, Wickel (2004) observou ainda, que as áreas queimadas promoveram entradas adicionais significativas de cálcio e magnésio neste pequeno igarapé, fato que muda as características físico-químicas deste ecossistema e pode assim interferir em seu funcionamento (Tabela 8)

Tabela 8. Concentrações médias de nutrientes em água (mg L^{-1}) de chuva e de 2 pequenos igarapés em condições de fluxos de base e a razão entre as concentrações na chuva e nos igarapés. (WS1 = microbacia com 25,5 ha, incluindo área de 4,1 ha sob sistema de corte e trituração; WS2 = microbacia com 28,6 ha, incluindo área de 3,5 ha sob sistema de derruba e queima).

	Na	K	Ca	Mg	SO4	PO4	NO3	Cl
Chuva								
média	0,61	0,17	0,12	0,06	0,17	0,04	0,01	1,05
WS 1								
média	1,45	0,09	0,16	0,20	0,41	0,03	0,02	2,63
WS1/Ch	2,37	0,56	1,31	3,34	2,32	0,75	1,74	2,51
WS 2								
Média	1,40	0,20	0,61	0,29	0,81	0,02	0,04	2,58
WS2/Ch	2,30	1,21	4,99	4,83	4,65	0,57	4,47	2,46

Fonte: Wickel, 2004.

Seqüestro de carbono

No sistema de derruba e queima ocorre uma considerável perda de carbono (C) para a atmosfera, em poucos minutos. De acordo com Hölscher et al. 1997a, durante a queima da vegetação são perdidos 98% do C estocado na biomassa. A contribuição para o seqüestro de C pelos cultivos agrícolas, durante a fase agrícola do sistema, são de $2,1 \text{ t ha}^{-1}$ de C pela cultura do

milho (4 meses), 1,6 t ha⁻¹ pelo caupi, 2,6 a 5,6 t ha⁻¹ pela mandioca (1 a 1,5 anos), 2,6 t ha⁻¹ pelo maracujá (1 ano) e 5,3 t ha⁻¹ pela pimenta do reino com 2,5 anos de idade (Denich et al 1999).

As vegetações secundárias, em pousio, em propriedades agrícolas e em nível de paisagem são capazes de acumular carbono acima (

Tabela 9) e abaixo do solo. As capoeiras melhoradas com introdução de leguminosas de rápido crescimento também acumulam C (Denich et al 1999, Brienza Junior 1999) e as capoeiras melhoradas com *Racosperma mangium* são as que apresentaram maior seqüestro de carbono.

Tabela 9. Estoque de carbono acima do solo (t ha⁻¹ em capoeiras naturais e melhoradas.

Capoeira	Idade da capoeira (meses)	Carbono (t ha ⁻¹)
Capoeira natural	30	9,5
Capoeira melhorada		
<i>Acácia auriculiformes</i>	21	18,9
<i>Acácia angustissima</i>	30	13,9
<i>Clitoria fairchildiana</i>	30	10,9
<i>Ingá edulis</i>	30	12,3
<i>Racosperma mangium</i>	30	23,6

Fonte: Denich et al. 1999, Brienza Junior 1999.

Avaliação da velocidade de decomposição da biomassa aérea triturada da capoeira com 4 e 10 anos de idade devido a larga relação C/N do material (Kato 1998) na fase inicial ocorre imobilização de nutrientes pelos microorganismos envolvidos no processo de decomposição (Cattanio 2002). Apesar disso, Denich (1991) verificou que com 5 meses uma decomposição em torno de 28% a 44% de biomassa proveniente de capoeira de 4-5 anos. Kato (1998) também obteve resultados semelhantes ao de Denich (1991) aos 5 meses, mas aos 12 meses observou uma decomposição em torno de 50%. Por outro lado, Bervald (2005) avaliando decomposição de material de capoeira de 4 anos de idade triturado com diferentes trituradores verificou de composição em torno de 70% aos 10 meses.

A prática da agricultura sem queima através da técnica de corte e trituração evita perdas de carbono e nutrientes, mas lentamente libera carbono para atmosfera quando comparado a técnica de derruba e queima e também contribui, em longo prazo, para aumentar a quantidade de matéria orgânica do solo.

Conservação da biodiversidade

No sistema tradicional de derruba e queima, um sistema agroflorestal seqüencial, caracterizado pela existência de duas fases no sistema, uma de cultivo agrícola entre duas fases de pousio. A fase de pousio é quando a vegetação secundária cresce e acumula biomassa e nutrientes que servirão para a fase de cultivo agrícola. De acordo com Baar (1997) a fase de pousio é que garante a manutenção da biodiversidade. Ela encontrou 673 espécies de plantas em capoeiras de 1 a 10 anos de idade. Apesar da derruba e queima dessa vegetação para o plantio de cultivos alimentares no período de 1 a 2 anos, principalmente, arroz, milho, caupi e mandioca, a vegetação secundária se regenera, pois a grande maioria das espécies se dá pela rebrota dos tocos e raízes (Denich 1991, Nunez 1995). Rodrigues et al. (2004) comparou a diversidade e a estrutura vertical de vegetação secundária em pousio que antes foram preparadas a trituração motomecanizada preconizada pelo Projeto Tipitamba e não encontraram diferenças no padrão de distribuição dos indivíduos e na diversidade das espécies quando comparado a capoeira inicial.

Em capoeiras melhoradas com a introdução de árvores leguminosas de rápido crescimento, Wetzel et. al citado por Vielhauer et. al 1998 e Vielhauer e Sá 2000, verificaram que a biodiversidade da vegetação de pousio melhorado preconizado pelo Projeto Tipitamba varia em função da densidade das leguminosas introduzidas. Densidade de plantio das árvores de rápido crescimento inferior a 2m x 2m ocasiona efeito negativo na regeneração da vegetação secundária natural. Esses resultados foram confirmados pelo trabalho realizado por Lima et al 2004 em capoeira melhorada com *Racosperma mangiun* + *Sclerolobium paniculatum* no espaçamento de 2m x 2m.

Conclusão

Enquanto a agricultura de derruba e queima ocasiona grande perda de fertilidade dos solos, o plantio direto na capoeira proporciona a recuperação gradativa destes solos com adições contínuas de nutrientes e carbono. Além da cobertura morta do solo promovida pela trituração da vegetação secundária contribuir para melhor conservação da umidade, menor temperatura, redução da erosão, aumenta atividade biológica, e melhora as características físicas do solo, mantém a biodiversidade e são as raízes das espécies da capoeira as grandes responsáveis pela

recaptação dos nutrientes que lixiviam no perfil do solo, e utilizam para seu recrescimento, conferindo sustentabilidade a estes agroecossistemas.

Referências Bibliográficas

AYANABA, A.; TUCKWELL, S.B.; JENKISON, D.S. The effects of clearing and cropping on organic reserves and biomass of tropical forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 8: 519-525. 1976.

BAAR, R. Vegetationskundliche und -ökologische Untersuchungen der Buschbrache in der Feldumlagewirtschaft im östlichen Amazonasgebiet. *Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen* 121, 202p. 1997.

BERVALD, C.M.P. Tecnologia mecanizada em preparo de área sem queima no nordeste paraense. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Santa Maria. 107p. 2005. (Dissertação de Mestrado)

BLOCK, A. Göttinger Mahhacksler Tritucap und Forstmulcher – Nicht Brennende Flachenvorbereitung am Beispiel der Zona Bragantina, Nord-Ost-Amazonien, Brasilien. *Universität Göttingen.* 171p. 2004. (Tese de doutorado).

BRIENZA JUNIOR, S. Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil. *Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, Göttingen,* 134p. 1999 (Tese de doutorado).

BUNEMANN, E. Einfluß von Mulch und mineralischem Dünger auf *Zea mays* und *Vigna unguiculata* in der Feldumlagewirtschaft Ostamazoniens. *Diplomarbeit Georg-August-Universität Göttingen.* 1998.

CAMARÃO, A.P.; RODRIGUES FILHO, J.A.; RISCHKOWSKY, B.; Mendonça, C.L.G.; HOHNWALD, S. Disponibilidade de forragem, composição botânica e qualidade da pastagem de capim quicuío-da-amazônia (*Brachiaria humidicola*) sob três condições. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002, Recife. Anais... Recife. CD-Rom.*

CATTANIO, J.H. Soil N mineralization dynamics as affected by pure and mixed application of leavy material from leguminous trees used in planted fallow in Brazil. *Georg-August-Universität, Göttingen. Fakultät für Agrarwissenschaften.* 2002. *Dissertation.* <http://webdoc.subgwdg.de/diss/2002/cattanio/index.html>.

CLAUSING, G. Early regeneration and recolonization of cultivated areas in the shifting cultivation system employed in the eastern Amazon region, Brazil. *Nat. Resour. Dev.* 45/46: 76-102. 1997.

DENICH, M: Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira. *Eschborn: EMBRAPA/CPATU-GTZ, 1991.* 284p.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M. do S.A.; BLOCK, A.; KATO, O.R.; SÁ, T.D. de A.; LUCKE, W.; VLEK, P.L.G. Mecanized land preparation in Forest-based fallow systems: the experience of Eastern Amazônia. *Agroforestry Systems,* 61: 91-1006, 2004.

DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P.L.G. The potential and dynamics of carbon sequestration in traditional and modified fallow systems of the Eastern Amazon region, Brazil.

In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (Eds) *Global climate change and tropical ecosystems*. Boca Raton: CRC, 1999, p. 213-229.

DIAZ, M. del C.V.; NEPSTAD, D.; MENDONÇA, M.J.C.; MOTA, R.S.; ALENCAR, A.; GOMES, J.C.; ORTIZ, R.A. O preço oculto do fogo na Amazônia: custos econômicos associados ao uso de fogo. Report of IPAM/IPEA/WHRC, Belém, Pará, Brazil, 43 p. <http://www.ipam.org.br/publica:publica-papers.php> (November 2003).

FERNANDES, T.; VIELHAUER, K.; LOPES, M.; FOLSTER, H. Recuperation of a degraded pasture to return to the traditional shifting cultivation system. In: LIBERAI, R.; VOB, K.; BIENCHI, H. (Eds.). *PROCEEDING OF THE THIRD SHIFT-WORKSHOP, MANAUS, MARCH 15-19, 1998*. Manaus.Proceedings. Bonn: BMBF, 1998, p.119-124.

FERREIRA, M. do S.G., OLIVEIRA, L.C. Potencial produtivo e implicações para o manejo de capoeiras em áreas de agricultura tradicional no Nordeste paraense. Belém: Embrapa Cpatu, 2001. 6p. (Comunicado Técnico, 56).

GALLAGHER, R.S.; FERNANDES, E.C.M.; McCALLIE, E.L. Weed management through short-term improved fallows in tropical agroecosystems. *Agroforest Systems*. 47:197-221. 1999.

HEDDEN-DUNKHORST, B.; DENICH, M.; VIELHAUER, K.; MENDONZA-ESCALANTE, A.; BORNER, J.; HURTIENNE, T.; SOUZA FILHO, F.R. de; SÁ, T.D. de A.; COSTA, F. de A. Forest-based fallow systems: a safety net for smallholders in the Eastern Amazon? Trabalho apresentado na Conferência Internacional Rural Livelihoods Forests and Biodiversity, Bonn, Alemanha, maio 2003, CIFOR, Bogor, Indonésia. http://www.zef.de/research_activities/shift/publications.htm.

HOANG FAGERSTROM, M.H.; NILSSON, S.I.; van NOORDWIJK, M.; THAI PHIEN, O.M.; HANSSON, A.; SVENSSON, C. Does Tephrosia candida as fallow species, hedgerow or mulch improve nutrient cycling and prevent nutrient losses by erosion on slopes in northern Vietnam? *Agric. Ecosyst. Environ.* 90:291-304. 2002.

HOLSCHER, D., Ludwig, B., Möller, M.R.F., Fölster, H.: Dynamic of soil chemical parameters in shifting agriculture in the Eastern Amazon. *Agric. Ecosyst. Environ.* 66, p. 153-163. 1997a.

HOLSCHER, D., MOLLER, M.R.F., DENICH, M., FOLSTER, H. Nutrient input-output budget of shifting cultivation in Eastern Amazonia. *Nutrient Cycl. Agroecosyst.* 47, p. 49-57. 1997b.

IBGE. **Censo demográfico 2000**. Resultado do universo. Rio de Janeiro, 2002.

IBGE. **Censo agropecuário 1995/96**. Brasília: IBGE, 1996.

JACOBI, I. Der Beitrag von Keimlingen zur Regeneration der Brachevegetation im ostlichen Amazonasgebiet. Ph.D. thesis. University of Hamburg, Germany, 148p. 1997.

JUO, A.S.R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 58:49-60. 1966.

JUO, A.S.R.; LAL, R.L. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in western Nigeria. *Plant and Soil* 47:567-584. 1977.

KANASHIRO, M.; DENICH, M. Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia brasileira. Brasília: MCT/CNPq, 1998. 157p.

- KATO, M.S.A ; KATO, O.R.;SECCO, N. B.Intensificando o cultivo em sistemas agroflorestais sucessionais. In: V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: SAFs – Desenvolvimento com Proteção Ambiental, Curitiba, p 111-113. 2004. (Embrapa Florestas. Documentos 98).
- KATO, O.R.; KATO, M.S.A. SÁ, T.D. de A.; FIGUEIREDO, R. Plantio direto na capoeira. *Ciência e Ambiente*. 29: 99-111. 2004a.
- KATO, O.R.; KATO, M.S.A.;VIELHAUER, K.; BLOCK, A.; JESUS, C.C. de. Cultivo do milho em sistema de corte e trituração da capoeira na região nordeste do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 18p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 19).
- KATO, M.S.A.; KATO, O.R., JESUS, C.C. de, RENDEIRO, A..C.L. Genótipo de milho para plantio em sistema de corte e trituração. Belém. Embrapa Amazônia Oriental. 2002. 4p. (Embrapa Amazonia Oriental, Comunicado Técnico 65).
- KATO, O.R.; KATO, M.S.A.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. Phosphorus availability in slash-mulch system in Eastern Amazonia. In: GERMAN-BRAZILIAN WORKSHOP ON NEOTROPICAL ECOSYSTEMS- ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF COOPERATIVE RESEARCH, 2000. Hamburg, Germany. Abstracts. Hamburg: (s.n.), 2000. p.261.
- KATO, M.S.A.; KATO, O.R.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: The role of fertilizers. *Field Crop Research*. 62: 225-237. 1999.
- KATO, O.R. Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region: Crop performance and nitrogen dynamics. Gottingen: Cuvillier, 132p. 1998.
- KATO, M.S.A. Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agricultura in the Bragantina region: Crop performance and Phosphorus dynamics. Gottingen. Cuvillier, 144p. 1998.
- LIMA, T.T.S.; MIRANDA, I. de S. Dinâmica da regeneração natural de capoeiras oriundas de diferentes sistemas agrícolas. In: V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: SAFs – Desenvolvimento com Proteção Ambiental, Curitiba, p 425-427. 2004. (Embrapa Florestas. Documentos 98).
- LUGO, A.E.; BROWN, S. Management of tropical soils as sinks of atmospheric carbon. *Plant and soil*. 149: 27-41. 1993.
- MACKENSEN, J.; HOLSCHER, D.; KLINGE, R.; FOLTER, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazonia. *Forest. Ecol. Manag.* 86:121-128. 1996.
- McDONALD. M.A.; HEALEY, J.R.; STEVENS, P.A. The effects of secondary forest clearance and subsequent land-use on erosion losses and soil properties in the Blue Mountains of Jamaica. *Agric. Ecosyst. Environ.* 92:1-19. 2002.
- METZGER, J.P.M. Dinâmica e equilíbrio da paisagem em áreas de agricultura de corte-e-queima em pousio curto e longo na região da Bragantina. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZONIA ORIENTAL, BELÉM, PARÁ, BRASIL, 1999. *Anais...* Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 47-50. (Embrapa Amazonia Oriental, Documentos 69).

- METZGER, J.P., DENICH, M., VIELHAUER, K., KANASHIRO, M. Fallow periods and landscape structure in areas of slash-and-burn agriculture (NE Brazilian Amazon). *In: Proceedings of the Third SHIFT-Workshop Manaus*, março 15 - 19, 1998, p. 95-100, ISBN 3-00-003847-7.
- NYE, P.H.; GREENLAND, D.J. The soil under shifting cultivation. Technical Communication No. 51, Commonwealth Bureau of soils, Harpenden, UK. 156 p. 1960.
- NUNEZ, J.B.H. Fitomassa e estoque de bioelementos das diversas fases da vegetação secundária, provenientes de diferentes sistemas de uso da terra no nordeste paraense. Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Pará. Belém. Brasil. 184p. 1995.
- PARRY, M.M.; VIELHAUER, K. Produção de milho em diferentes épocas de cultivo e adubação, em áreas preparadas com cobertura morta. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZONIA ORIENTAL, BELÉM, PARÁ, BRASIL, 1999. *Anais...* Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 125-127. (Embrapa Amazonia Oriental, Documentos 69).
- RODRIGUES, M.A.C. de M. , MIRANDA, I. de S., KATO, M.S.A. Estrutura de florestas secundárias originadas após o uso de diferentes trituradores florestais em sistemas agroflorestais seqüenciais no nordeste paraense. In: V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: SAFs – Desenvolvimento com Proteção Ambiental, Curitiba, p 452-454. 2004. (Embrapa Florestas. Documentos 98).
- ROUW, A. de. The fallow period as a weed-break in shifting cultivation (tropical wet Forests). *Agric. Ecosyst. Environ* 54:31-43. 1995.
- RUTHENBERG, H. Farming systems in the tropics. 3^o ed. Clarendon Press, Oxford, UK. 1980.
- SANCHES, P. Science in agroforestry. *Agroforest Syst* 30:5-55. 1995.
- SHANG, C.; TISSEN, H. Carbon turnover and carbon-13 natural abundance in organo-mineral fractions of a tropical dry forest soil under cultivation. *Soil Sci Soc Am Journal* 64: 2149-2155. 2000.
- SILVA JUNIOR, M.L.; VIELHAUER, K.; DENICH, M.; VELK, P.L.G. Can tree enrichment of secondary vegetation and fire-free land preparation by cutting, chopping and mulching improve the following crops? In: *Proceedings of the Third SHIFT-Workshop Manaus*, março 15 - 19, 1998, p. 113-118
- SOMMER, R.; VLEK, P.L.G.; SÁ, T.D. de A.; COELHO, R.F.R.; FOLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon – evidence for sub-soil nutrient accumulation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68:257-271, 2004.
- SOMMER, R.; SÁ, T.D. de A.; VIELHAUER, K.; VLEK, P.L.G.; FOLSTER, H. Water and nutrient balance under slash-and-burn agriculture in the Eastern Amazon, Brazil – The role of a deep rooting fallow vegetation. In: INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM 'FOOD SECURITY AND SUSTAINABILITY OF AGRO-ECOSYSTEMS', 14, 2001. *Proceedings...*, 2001. p. 1014-1015.
- SOMMER, R. Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the Eastern Amazon. Cuvillier, Gottingen, Germany. 240p. 2000.

TIPPMANN, R. Assessment of carbon sequestration in landscape under the clean development mechanism of the Kyoto Protocol. Diploma Thesis. ZEF Bonn/Department of Geography, University of Bonn, Germany, 2000.

TISSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature* 371: 783-785. 1994.

VASCONCELOS, S.; VIELHAUER, K. Seleção de genótipos de milho tolerantes à deficiência de P para agricultura familiar no Nordeste Paraense. *In: SEMINÁRIO SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL*, 1999, Belém, Pa. Anais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: CNPq. p.122-124. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69)

VIELHAUER, K.; SÁ, T.D. de A. Efeito do enriquecimento de capoeiras com árvores leguminosas de rápido crescimento para a produção agrícola no Nordeste Paraense. *In: SEMINÁRIO SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL*, 1999, Belém, Pa. Anais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: CNPq. P. 27-34. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).

VIELHAUER, K.; KANASHIRO, M.; SÁ, T.D. de A.; DENICH, M. Technology development of slash-and-mulch and of fallow enrichment in shifting cultivation systems of the Eastern Amazon. *In: Proceedings of the Third SHIFT-Workshop Manaus*, março 15 - 19, 1998, p. 49-59.

WICKEL, B. Water and nutrient dynamics of a humid tropical watershed in Eastern Amazonia. Center of Development Research, University of Bonn, Thesis of Doctor. Ecology and Development Series, n. 21, 135p, 2004.

16

Manejo de vegetação ...

2005

SP-PP-7146



CPATU-41804-1