

Notas & Comunicações

Critérios ecológicos para o desenvolvimento agrícola das terras-firmes da Amazônia (*)

Herbert O. R. Schubart
Instituto Nacional de Pesquisas
da Amazônia

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento agropecuário da Amazônia vem sendo feito em ritmo acelerado nos últimos dez anos, e tem causado nos meios científicos, empresariais e entre a população em geral, uma polêmica acirrada quanto à sua viabilidade. Realmente têm sido observados toda sorte de descalabros na exploração dos recursos naturais da região. Nota-se grande falta de sensibilidade perante a natureza e seus princípios mais elementares de funcionamento.

Certamente, toda atividade humana de utilização de recursos naturais e produção agrícola representa um rompimento da estrutura ecológica da floresta. Não se trata aqui, portanto, de combater todo o progresso econômico regional, mas de harmonizar esse desenvolvimento com as potencialidades e limitações naturais de modo a minimizar os prejuízos ao meio-ambiente.

O progresso econômico — industrial e agrícola — tem sido caracterizado por dois fatores principais :

1.º) Existência de uma fonte de energia fóssil, muito barata durante a primeira metade deste século, que permitiu subsidiar intensivamente a agricultura, aumentando muito a produtividade das terras cultivadas através da mecanização da lavoura, aplicação de fertilizantes sintéticos e pesticidas. Nos EE.UU. chega-se eventualmente a consumir 10 calorias de petróleo para se produzir 1 caloria de alimento (Steinhart & Steinhart, 1974). Atualmente, a demanda crescente de petróleo como fonte de energia em geral e como matéria-prima para a síntese de fertilizantes nitrogenados e pestici-

das, e o conseqüente esgotamento das reservas de óleo, vem aumentando rapidamente os custos de produção de toda a agro-indústria; 2.º) Projetos cujos balanços de custos e benefícios consideram apenas os fatores que influenciam diretamente a produção. Assim, se os efluentes tóxicos de uma fábrica de celulose, lançados ao rio não diminuem a produtividade da fábrica, o custo de purificação destes efluentes não entra no balanço, o que aumenta o lucro da fábrica. Espera-se que o problema ambiental criado seja resolvido pelas agências do governo ou pelas gerações futuras. Se este procedimento permitiu, de um lado, o notável crescimento econômico vivido por diversos países, provocou também de outro lado, o acúmulo de problemas ambientais, poluições, diminuição da qualidade de vida, bem como o desperdício de recursos naturais. A solução destes problemas envolve custos elevados, que não foram pagos na época devida, e que constituem por assim dizer uma dívida a ser paga pela geração atual. Estes custos ecológicos do progresso econômico devem ser mais considerados no mundo atual, ameaçado pela superpopulação e esgotamento dos recursos naturais. Do contrário a dívida poderá tornar-se insuportável.

Estas observações de caráter geral, que mostram uma importante interface entre a economia e a ecologia, é de extrema relevância para o problema do desenvolvimento econômico da Amazônia, se se pretende que o mesmo se realize de maneira auto-sustentada a longo prazo.

Antes de se prosseguir nesta linha de pensamentos, e proporem-se algumas normas de ação e recomendações práticas para o de-

(*) — Trabalho apresentado à SUFRAMA como contribuição para o aproveitamento dos solos de terra-firme de Manaus.

envolvimento agrícola da região, apresentam-se a seguir algumas informações sobre a estrutura e funcionamento do ecossistema florestal de terra-firme da Amazônia Ocidental, relevantes para o problema aqui considerado.

ESTRUTURA ECOLÓGICA DA FLORESTA DE TERRA-FIRME DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

A unidade básica de estudos em ecologia é o *ecossistema*, isto é, qualquer unidade que inclua todos os organismos de uma área interagindo entre si e com o ambiente físico. A Fig. 1 sumariza as principais noções concernentes à estrutura e função dos ecossistemas terrestres.

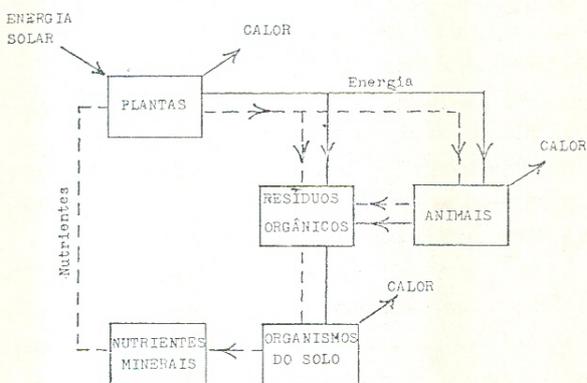


Fig. 1 — Diagrama generalizado de um ecossistema terrestre, mostrando os principais caminhos do fluxo de energia e do ciclo de nutrientes minerais (segundo Richards, 1974).

O sol é a principal fonte de *energia* para manter o funcionamento dos ecossistemas. A energia da luz solar é absorvida pela clorofila das plantas verdes e utilizada para a síntese de carboidratos a partir de água (do solo) e gás carbônico (da atmosfera), processo este conhecido como *fotossíntese*. Com a energia assim fixada (energia química) as plantas podem realizar a síntese de proteínas, vitaminas etc, substâncias indispensáveis à vida e que incorporam outros elementos químicos como o nitrogênio, fósforo, enxofre etc, absorvidos do solo sob a forma de *sais minerais*.

Os animais dependem inteiramente das plantas, direta ou indiretamente, para obter a

energia de que necessitam. Por isso as plantas são chamados de *produtores*, e os animais de *consumidores*. Os que se alimentam diretamente de plantas são os consumidores primários ou herbívoros; os que obtêm sua energia predando os herbívoros são os consumidores secundários ou carnívoros. A este canal de transferência de energia, plantas - herbívoros - carnívoros, chama-se *cadeia alimentar*. A energia no processo de produção de trabalho pelos organismos é, em grande parte, dissipada sob a forma de calor, perdendo-se para o sistema. Por essa razão, as cadeias alimentares são curtas, constando geralmente de apenas 4 ou 5 elos ou níveis tróficos.

As folhas, os galhos, raízes mortas das plantas, dejetos e cadáveres dos animais, que se acumulam geralmente no solo, constituem ainda uma fonte de energia para os animais, fungos e bactérias do solo. Esta comunidade de organismos do solo dissipa finalmente toda a energia destes resíduos orgânicos, decompondo-os em substâncias minerais, e são por isso chamados de organismos *decompositores*. Como se vê, toda a energia fixada no processo da fotossíntese vai sendo dissipada sob a forma de calor a medida que é transferida através das cadeias alimentares, perdendo-se para o sistema. Diz-se então que há um *fluxo de energia*, aberto e unidirecional (linha cheia no diagrama). O mesmo não ocorre com os *materiais* que compõem o ecossistema. Os sais minerais, o carbono, o oxigênio etc., estão constantemente sendo absorvidos, transformados quimicamente, remineralizados e reaproveitados pelo ecossistema, formando um *ciclo de nutrientes* (linha tracejada no diagrama). Este processo de *reciclagem de materiais* é de extrema importância para o manejo de sistemas de produção agrícola.

Os ecossistemas naturais são constituídos em geral por uma grande *diversidade em espécies* de plantas, de animais e de microrganismos. A floresta tropical úmida é especialmente rica em espécies. Por exemplo, Klinge & Rodrigues (1971) encontraram numa área de 0,2 ha de floresta primária sobre latossolo amarelo 505 espécies de plantas superiores maiores do que 1,5 m de altura, pertencentes a 59 famílias (cf. tabela 1). Em outro estudo, Pran-

TABELA 1 — Principais famílias pelo número de espécies e indivíduos em 0,2 ha de terra firme perto de Manaus, levando em conta apenas as plantas superiores acima de 1,5 m de altura (segundo Klinge & Rodrigues, 1971).

	N.º de espécies	N.º de indivíduos
Leguminosae	62	171
Sapotaceae	43	139
Lauraceae	40	88
Chrysobalanaceae	38	96
Rubiaceae	32	137
Burceraceae	27	230
Annonaceae	21	87
Lecythidaceae	17	132
Moraceae	17	69
Palmae	11	196
Violaceae	10	223
48 famílias menores	180	412
Indeterminadas	7	9
TOTAL:	505	1.989

ce *et al.* (1976) identificaram 179 espécies de árvores com diâmetro maior do que 15 cm em 1 hectare. Esta elevada diversidade tem sido observada também em relação aos animais. Em 800 cm³ de solo orgânico da floresta primária foram encontrados 425 indivíduos repartidos em 61 espécies de ácaros decompositores de detritos vegetais (original). Diante desta enorme diversidade biológica, Odum (1976) não hesita em afirmar que em alguns poucos hectares de floresta tropical possam existir mais espécies de plantas e insetos do que em toda a flora e fauna da Europa.

Portanto, nestes ecossistemas as cadeias alimentares são muito numerosas e também interconectadas entre si formando redes alimentares. Um animal predador pode depender de várias outras espécies de animais como presa, e também uma determinada espécie pode ser controlada por diversos predadores. Cada espécie, no entanto, é em maior ou menor grau especializada quanto à sua nutrição e sua maneira de usar o ambiente para reprodução. Em um ecossistema determinado, nunca duas ou mais espécies utilizam exatamente os mesmos recursos do ambiente; observa-se, pelo contrário, um elevado grau de *complementaridade* entre as espécies que constituem a

comunidade biológica integrante do ecossistema. Diz-se em biologia que cada espécie ocupa um *nicho ecológico* distinto, o que faz com que a *competição* interespecífica seja enormemente diminuída. Também as espécies vegetais ocupam nichos ecológicos distintos, quer quanto à utilização da luz solar nos vários níveis da floresta, como quanto à distribuição do sistema radicular no solo e sua eficiência relativa em absorver nutrientes minerais etc.

Vale a pena sublinhar aqui as relações de *mutualismo* entre espécies distintas. As raízes de plantas superiores podem ter associações mutualísticas com *bactérias fixadoras de nitrogênio do ar*, ou então com fungos. Neste último caso a associação é denominada de *micorriza*, e o fungo aumenta a eficiência de absorção do fósforo em solos pobres e promove também a absorção direta de minerais dos resíduos vegetais em decomposição (hipótese da ciclagem direta de nutrientes, segundo Went & Stark, 1968). Outra classe importante de relações mutualísticas é a *polinização* de flores por insetos, aves ou morcegos.

Esta formidável matriz de inter-relação, onde qualquer excesso de material é logo utilizado é recuperado por algum organismo especializado, funciona como um filtro de nutrientes (Klinge & Fittkau, 1972). A floresta amazônica mantém assim um ciclo fechado de nutrientes, que pode ser melhor apreciado analisando-se os dados apresentados por Sioli (1969), reproduzidos na tabela 2. Como se vê, as quantidades de N e P lixiviadas da bacia do rio Negro são quase iguais às quantidades in-

TABELA 2 — Balanço de nitrogênio, fósforo e ferro na bacia do rio Negro. Quantidade em kg/ha/ano (segundo Sioli, 1969).

	Entrada com a chuva	Saída com o rio Negro
N total	6,2	4,8
N (NH ₄ ⁺)	2,5	0,20
N (NO ₃ ⁻)	2,2	0,22
N orgânico	1,4	4,3
P total	0,18	0,1
P (PO ₄ ³⁻)	0,026	0,07
Fe total	0,8	4,8
Fe dissolvido	0,34	3,7

roduzidas com as chuvas. Em outras palavras, as quantidades de nutrientes minerais exportadas anualmente pelo rio Negro são tão pequenas, que se é conduzido à conclusão de que as reservas minerais utilizáveis pelas plantas no solo sejam mínimas. Realmente, as numerosas análises de solos que têm sido feitas vêm confirmando em geral esta conclusão (p.ex. Falesi, 1971).

Para se ter uma idéia quantitativa do ciclo de nutrientes na floresta primária de terra firme, veja-se em primeiro lugar a Fig. 2, que representa a distribuição da biomassa (neste caso, peso fresco de matéria orgânica por unidade de superfície) nos diversos compartimentos do ecossistema, bem como os principais canais de transferência de matéria orgânica (segundo Fittkau & Klinge, 1973). Torna-se evidente a baixa participação relativa dos animais herbívoros e carnívoros no fluxo de energia, em comparação com o fluxo através do sistema de resíduos orgânicos e organismos do solo.

Uma medida da queda de folhas, flores, frutos gravetos etc, nesta floresta mostrou que anualmente retornam ao solo 7,4 t/ha de resíduos vegetais (peso seco). A composição mineral deste material era a seguinte (em

kg/ha/ano): 2,2 P, 12,7 K, 5,0 Na, 18,4 Ca, 12,6 Mg e 105,6 N (Klinge & Rodrigues, 1968 a e 1968 b). Estes autores chegam à conclusão que, tanto em termos de produção anual de folhíço quanto em termos de sua composição mineral, a floresta da Amazônia Central é bastante pobre em relação a outras florestas tropicais.

A esta conclusão chegou também Howard-Williams (1974) estudando o valor nutricional do folhíço da floresta: alto valor calórico, porém teor muito baixo em proteínas; predominância de componentes de parede celular (celulose, lignina) e polifenóis. Isto explicaria a pequena biomassa de animais estimada por Fittkau & Klinge (Fig. 2).

Mais recentemente Klinge (1975) apresentou dados analíticos sobre todos os compartimentos deste ecossistema, a exceção dos animais. A biomassa das plantas vivas é 473 t/ha (peso seco) e contém (em kg/ha) 2 983 N, 66 P, 497 K, 506 Ca, 256 Mg e 239 Na. Como se vê na tabela 3, cerca de 70% respectivamente de N e P estão contidos no solo mineral, o qual também armazena cerca de 90% de água enquanto os nutrientes minerais restantes se encontram de 80 a 90% na biomassa da vegetação viva. Segundo Klinge (1975) o comportamento extraordinário do N e do P explica-se pelo fato destes elementos estarem ligados quimicamente ao húmus, e só serem postos à disposição das plantas com a mineralização do mesmo. Os outros elementos, ao contrário, encontram-se adsorbidos aos colóides orgânicos e inorgânicos, podendo ser facilmente trocados por outros íons (preferencialmente H⁺) da água de percolação ou das raízes. São, portanto, íons móveis e facilmente utilizáveis pelas plantas.

A tabela 4 sumariza os dados analíticos, em valores absolutos, para o compartimento "solo mineral" do ecossistema em consideração (segundo Klinge, 1975).

Conclui-se, portanto, que a afirmativa muitas vezes feita de que o capital de nutrientes da floresta amazônica encontra-se concentrado na biomassa não é completamente verdadeira, pois o N e P constituem uma exceção importante. Entretanto, considerando-se todos os nutrientes, em comparação aos solos de re-

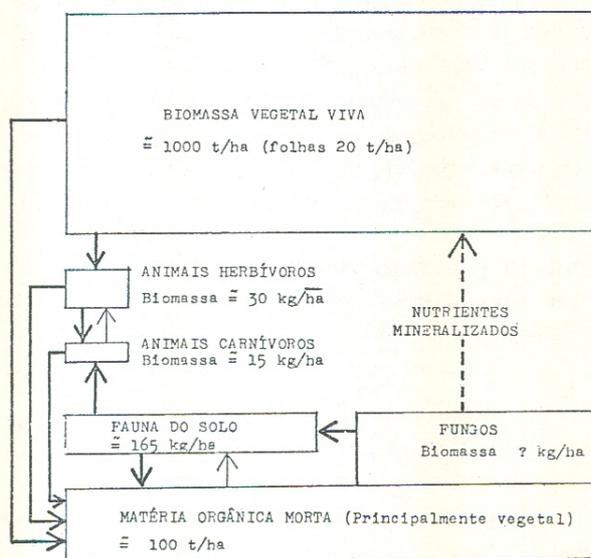


Fig. 2 — Distribuição esquemática da biomassa e fluxo da matéria orgânica no ecossistema de floresta pluvial sobre latossolo amarelo pesado da Amazônia Central (segundo Fittkau & Klinge, 1973).

TABELA 3 — Distribuição de matéria orgânica (fitomassa e húmus), água e nutrientes minerais na floresta primária sobre latossolo amarelo pesado, região de Manaus (segundo Klinge, 1975).

	vegetação viva		vegetação morta	solo mineral	
	partes aéreas	raízes		0 — 30	30 — 100cm
Fitomassa (504 t / ha)	55,1	9,1	4,2	—	—
Húmus (233 t / ha)	—	—	—	15,3	16,3
Solo mineral (sem húmus) (12 722 t / ha)	—	—	—	26,3	73,7
Água (5 320 t / ha)	5,2	3,5	0,6	29,5	61,1
Nitrogênio (12 201 Kg / ha)	19,9	4,6	2,4	34,9	38,2
Fósforo (216 Kg / ha)	27,3	3,2	1,4	32,9	35,2
Potássio (562 Kg / ha)	77,2	11,0	1,4	10,3	0
Cálcio (528 Kg / ha)	80,3	15,7	4,0	0	0
Magnésio (298 Kg / ha)	67,8	18,5	6,0	5,7	2,0
Sódio (291 Kg / ha)	66,3	15,5	1,0	12,0	5,2

TABELA 4 — Caracterização do solo mineral do ecossistema floresta tropical pluvial sobre latossolo amarelo pesado, na região de Manaus (segundo Klinge, 1975).

	Solo superficial 0 - 30 cm	Solo profundo 30 - 100 cm
Peso seco (sem húmus) t/ha	3 349	9 373
Água t/ha	1 569	3 252
Húmus t/ha	113	120
C/N	15,4	15,0
pH (KCI)	3,3 — 3,7	3,7 — 4,1
N kg/ha	4 263	4 661
P kg/ha	71	76
K kg/ha	58	0
Ca kg/ha	0	0
Mg kg/ha	17	6
Na kg/ha	35	15

giões não tropicais, pode-se dizer que os solos predominantes na Amazônia Central são muito pobres. Uma conclusão prática é a de que se deve dar maior importância à economia da matéria orgânica no manejo agrícola deste ecossistema.

TRANSFORMANDO A FLORESTA EM AGRO-ECOSSISTEMAS

Os ecossistemas têm como principal propriedade estados de *equilíbrio dinâmico* que são capazes de serem mantidos mais ou menos indefinidamente. Mais ou menos, por que tem que se levar em conta catástrofes naturais, ou mudanças climáticas globais a longo prazo, ou fenômenos do tipo assoreamento natural de um lago e conseqüente sucessão natural de ecossistemas culminando com uma floresta (evolução de ecossistemas).

Espera-se que um *agro-ecossistema*, por merecer esta denominação, também funcione num estado de equilíbrio dinâmico.

Viu-se anteriormente, em linhas muito gerais, como um ecossistema natural — a floresta amazônica de terra firme — mantém este equilíbrio: uma grande diversidade em espécies de organismos, com funções complementares, utiliza completamente todos os recursos disponíveis, efetivando portanto a reciclagem de todos os nutrientes.

Uma característica importante dos ecossistemas naturais em geral, é o fato dos recursos (substâncias orgânicas energéticas, nutrientes etc.) serem utilizados e transformados

in loco, isto é, praticamente não há exportações de materiais. Há exceções, mas nestes casos as exportações são geralmente compensadas por importações.

Aqui está uma grande diferença entre ecossistemas naturais e agrícolas. Estes últimos destinam-se via de regra à produção de alimentos e fibras, comercializáveis à grande distância do local de produção. Esta exportação maciça de nutrientes, mesmo em regiões de solos férteis necessita ser reposta por importação equivalente de fertilizantes, o que vem se fazendo convencionalmente, como foi dito na introdução.

Existe ainda uma outra diferença fundamental entre os dois tipos de ecossistemas. Nos ecossistemas naturais, as diversas funções de manutenção do sistema, como o controle de populações de herbívoros, aeração e proteção do solo, conservação da água, etc, são realizadas pela própria comunidade biológica. Nos agro-ecossistemas extremamente simplificados (monoculturas ou oligoculturas) criados pelo homem, este tem que arcar com os custos de manutenção, aplicando inseticidas, herbicidas e fungicidas, arando o solo, fazendo terraços de proteção, irrigando, etc. Em outras palavras, o que era mantido naturalmente com energia solar (via fotossíntese) precisa ser mantido com energia fóssil, e, o que é mais lamentável, nem sempre com sucesso.

O DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DA AMAZÔNIA: O QUE NÃO SE DEVE FAZER

No caso específico da Amazônia, a transformação da floresta de terra firme em agro-ecossistemas tem se limitado, na maioria das vezes, à simples derrubada da floresta em extensões consideráveis, sem nenhuma consideração pelas encostas e cursos d'água (como está previsto no Código Florestal Brasileiro, Lei 4771, de 15 de setembro de 1965, art. 2.º), queimada dos resíduos vegetais e plantio de gramíneas forrageiras para o gado. Normalmente, uma vez implantado este sistema, os únicos custos de manutenção arcados pelo fazendeiro consistem na eliminação de plantas invasoras (às vezes tóxicas para o gado) por meio de roçagem com terçado ou do uso de

herbicidas, e nos tratos zootécnicos, sendo o mais importante a "mineralização" do gado.

Esse padrão pioneiro, que vem se propagando rapidamente ao longo das rodovias de penetração da Amazônia (Veja tabela 5), traz consigo alguns problemas agrônômicos e ambientais muito sérios:

TABELA 5 — Desmatamentos em hectares ao longo das estradas, e outros, nos anos 1972 até 1975, no Estado do Amazonas, controlados pela Delegacia Regional do IBDF.

Localidade	1972	1973	1974	1975	Total
BR-174	322	503	2670,5	1182,4	4677,9
BR-319	—	58	1284	1501	2843
AM-010 (até km 80)	28	713	158	172	1071
Diversos	1002	661	250,5	443,9	2357,4
Total	1352	1935	4363	3299,3	10949,3

1) Desconsideração total do ciclo de nutrientes. O solo pobre, como foi visto (Tabela 4), não é capaz de manter uma produtividade adequada das gramíneas. Os nutrientes liberados com a queima da biomassa vegetal (cinzas) ficam expostos à lixiviação. O fósforo existente no solo mineral (Tabela 4) parece não se encontrar disponível às gramíneas, pois já se demonstrou que estas respondem fortemente à adubação com P_2O_5 . Uma adubação extensiva destas grandes áreas, no entanto, não é econômica;

2) O latossolo amarelo pesado compacta-se rapidamente após o desmatamento. Isso traz como consequência uma redução da taxa de infiltração da água no solo (Figura 3), fazendo com que a água das chuvas ao invés de ser absorvida pelo solo e ser mantida mais tempo no sistema local, escorra pela superfície provocando a erosão. No caso representado pela figura 3, cerca de 10 cm do solo superficial já haviam sido carregados pelas águas (Schubart *et al.*, 1976). Sob cobertura florestal, os animais do solo e as raízes mantêm a estrutura porosa do solo;

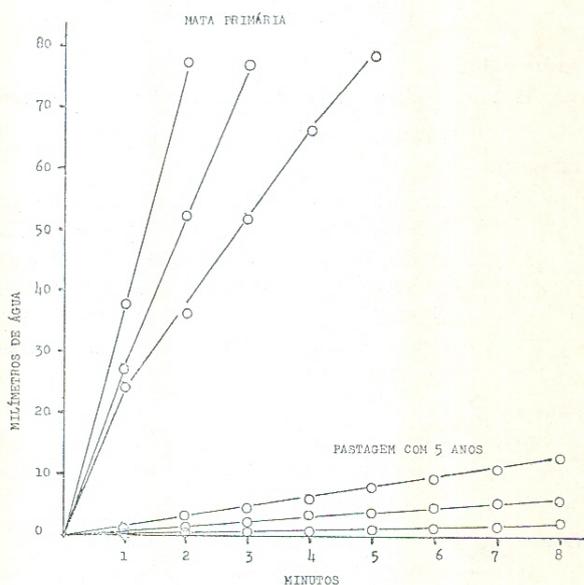


Fig. 3 — Velocidade de infiltração de água no solo nos primeiros minutos de aplicação da água no infiltrômetro, sob mata primária e numa pastagem ao lado, com 5 anos de implantação, latossolo amarelo pesado ao longo da rodovia Manaus-Boa Vista.

3) A erosão em geral escapa ao controle nestas grandes áreas. Os grandes desmatamentos não se orientam pela topografia do terreno, como preconiza o Art. 10 do Código Florestal Brasileiro. Uma vez removida a floresta das encostas e das margens dos igarapés, nada se pode fazer, economicamente, para proteger o solo e os cursos d'água. Quanto mais extensa a área desmatada, mais difícil se torna o controle. As fotos 1 e 2 mostram alguns aspectos da erosão que se apoderou de uma pequena fazenda ao longo da Rodovia Manaus-Boa Vista. Chamo a atenção aqui para o excelente trabalho de Bigarella (1974) que considera a erosão um problema de segurança nacional. E o problema não é apenas nosso: nos EE.UU. verifica-se que a erosão é o problema maior e mais difuso que o país enfrenta atualmente, apesar de terem sido gastos 15 bilhões de dólares nos últimos 40 anos no seu controle (Carter, 1977). Constata-se, portanto, que estes sistemas agrícolas encontram-se longe de um estado de equilíbrio dinâmico.



Foto 1 — Desmatamento indiscriminado e ilegal, pois não respeitou as encostas íngremes e o igarapé. Em primeiro plano, erosão de superfície e formação de voçorocas. No centro, o igarapé completamente assoreado. Ao fundo, erosão por deslizamento da encosta (Fazenda ao longo da BR-174, com 6 anos).



Foto 2 — Erosão superficial com formação de voçorocas. Latossolo amarelo, textura média (Fazenda ao longo da BR-174, com 6 anos).

AGRO-ECOSSISTEMAS TROPICAIS : ALGUMAS PERSPECTIVAS

A carência generalizada de nutrientes minerais na Amazônia Central, como foi visto anteriormente, juntamente com a alta pluviosidade e solos facilmente erodíveis, constituem um sério obstáculo ao desenvolvimento agrícola nos moldes convencionais (Alvim, 1972).

Evidentemente, a região carece de um modelo próprio de sistema de produção, que ainda não foi desenvolvido. No entanto, os princípios gerais de funcionamento do ecossistema florestal, descritos atrás, fornecem pistas úteis para a procura do caminho certo.

Do ponto de vista energético, há razões mesmo para um leve otimismo na Amazônia, nestes dias de procura de fontes alternativas de energia. Pois, segundo Lieth (1976), o Brasil, e em especial a Amazônia, encontra-se na região da biosfera privilegiada com as *mais elevadas taxas de fixação de energia solar via fotossíntese*. Este fato em associação com as pesquisas recentes sobre *biogásificação* de matéria orgânica (Poole & Williams, 1976), processo que *produz metano e recupera nutrientes* que podem voltar ao solo, abre perspectivas completamente novas de ocupação da Amazônia.

A produção de *álcool de madeira* representa também uma saída a longo prazo mais satisfatória do que o uso de cana-de-açúcar ou mandioca, pois estas duas culturas constituem fonte direta de alimento para o homem e consomem solos agriculturáveis. Em linhas gerais, considero o *manejo florestal* como a primeira prioridade econômica, pois a floresta é o ecossistema adaptado ao regime climático e aos solos da região.

Em termos de produção de alimentos na terra-firme, creio que muito ainda pode ser feito. Os conceitos básicos a serem observados são:

1) Utilização máxima dos recursos através do princípio da complementaridade;

2) Reciclagem de materiais, tanto dentro da fazenda, como das cidades para a zona rural;

3) Aumentar o uso de energia solar via fotossíntese, e diminuir o uso de energia fóssil. Aproveitar pequenos potenciais hidrelétricos sempre que possível.

Para se satisfazer estas condições, as fazendas do futuro deverão ser menores que as atuais, deverão ser muito diversificadas em sua produção, e empregar maior intensidade de mão de obra. Total oposição, portanto, às tendências que se observam atualmente.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVIM, P.T.
1972 — Desafio agrícola da Região Amazônica. *Ciência e Cultura* 24(6): 437-443.
- BIGARELLA, J.J.
1974 — Segurança ambiental, uma questão de consciência... e muitas vezes de segurança nacional. Publicação da Associação dos Diplomados da Escola Superior Guerra — ADESG — Delegacia no Estado do Paraná. Curitiba e Ponta Grossa, 66 pg.
- CARTER, L.J.
1977 — Soil erosion: The problem persists despite the billions spent on it. *Science* 196: 409-411.
- DASMANN, R.F.; MILTON, J.P. & FREEMAN, P.H.
1973 — *Ecological principles for economic development*. John Wiley. London, 252 pg.
- FALESI, I.
1971 — Solos do Distrito Agropecuário da SUFRAMA. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária da Amazônia Ocidental (IPEAOc), Manaus. Série: Solos, Vol. I, N.º 1, 99 pg., 1 mapa.
- FITTKAU, E.J. & KLINGE, H.
1973 — On biomass and trophic structure of the Central Amazonian forest ecosystem. *Biotropica*. 5(1): 2-14.
- HOWARD-WILLIAMS, C.
1974 — Nutritional quality and calorific value of Amazonian forest litter. *Amazoniana* 5: 67-75.
- KLINGE, H.
1975 — Bilanzierung von Hauptnährstoffen im Ökosystem tropischer Regenwald (Manaus) — Vorläufige Daten. *Biogeographica* 7: 59-99.
- KLINGE, H. & FITTKAU, E.J.
1972 — Filferfunktion im Ökosystem des zentralamazonischen. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 16: 130-135.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A.
1968a — Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. Part I. Litter-fall, organic carbon and total nitrogen contents. *Amazoniana* 1(4): 287-302.
1968b — Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. Part II. Mineral Nutrient content of the litter. *Amazoniana*. 1(4): 303-310.
1971 — Matéria orgânica e nutrientes na mata de terra firme perto de Manaus. *Acta Amazonica*. 1(1): 69-72.

- LIETH, H.
1976 — A. The use of correlation models to predict productivity from precipitation or evapotranspiration. In: Lange, O.L., L. Kappen e E.-D. Schulze (eds). — **Water and plant life**. Ecological Studies. Analysis and Synthesis. Vol. 19, Springer — Verlag Berlin Heidelberg: 392-407.
- ODUM, E.P.
1976 — **Ecologia**. Pioneira/MEC, 206 pg.
- POOLE, A.D. & WILLIAMS, R.H.
1976 — Flower power. **Bulletin of the Atomic Scientists**, May 1976 : 48-58.
- PRANCE, G.T.; RODRIGUES, W.A. & SILVA, M.F. DA
1976 — Inventário florestal de um hectare de terra firme Km 30 da Estrada Manaus-Itacoatiara. **Acta Amazonica** 6(1):9-35.
- RICHARDS, B.N.
1974 — **Introduction to the soil ecosystem**. Longman, N.Y., 266 pg.
- SCHUBART, H.; JUNK, W.J. & PETRERE JR., M.
1976 — Sumário de ecologia amazônica. **Ciência e Cultura**. 28(5) : 507-509.
- SIOLI, H.
1969 — Ökologie im brasilianischen Amazonasgebiet. **Naturwissenschaften**, 56 : 248-255.
- STARK, N.
1970 — The nutrient content of plants and soil from Brazil and Surinam. **Biotropica**. 2 : 51-60.
1971 — Nutrient cycling II: Nutrient distribution in Amazonian vegetation. **Trop. Ecol.** 12 : 177-201.
- STEINHART, J.S. & STEINHART, C.E.
1974 — Energy use in the U.S. food system. **Science**. 184 : 307-316.
- WENT, F.W. & STARK, N.
1968 — Mycorrhiza. **Bio-Sci.** 18 : 1035-1039.

Nota preliminar sobre a origem das campinas abertas de areia branca do baixo Rio Negro

Ghilleen T. Prance

The New York Botanical Garden, Bronx,
New York 10 458, U.S.A.

Herbert O. R. Schubart

Instituto Nacional de Pesquisas
da Amazônia, Manaus

No decorrer de uma série de estudos sobre a vegetação das campinas de areia branca da região de Manaus (Anderson *et al.*, 1975; Braga & Braga, 1975; Carreira, 1976; P. Lisboa, 1975; R. Lisboa, 1975; Prance, 1975), nós pensamos muito sobre a origem da vegetação baixa e rala que caracteriza estas áreas. Várias teses têm sido propostas para esta origem, e nós temos agora alguns dados para substantiar a teoria segundo a qual as áreas abertas são antropogênicas.

As campinas são áreas de vegetação baixa, aberta, escleromórfica sobre areias brancas lixiviadas, classificadas pedologicamente ora como regossolo (Falesi, 1970, 1971) ora como podzol (Klinge, 1965, 1967). Sempre ocorrem áreas abertas de areia nua que às vezes, são cobertas pela alga cinófica, *Stigonema tomentosum* (Kütz) Hieron. A campina é usualmente circundada por um tipo de vegetação

florestal também sobre areia branca, que tem sido denominada campinarana (Ducke & Black, 1954; Lisboa, 1975; Anderson *et al.*, 1975). Esta, por sua vez, é envolvida pela floresta alta de terra-firme sobre latossolo argiloso. Anderson *et al.* (1975) discutiram detalhadamente a vegetação de uma campina típica e reconheceram uma sucessão da campina aberta para a campina sombreada. A campina aberta foi definida como áreas abertas com ilhas de vegetação, cada ilha com uma área menor do que 1m², e sobre a qual a copa perfaz menos do que 50%. A campina sombreada, por sua vez, conduz à campinarana com copa contínua e árvores individuais freqüentemente excedendo a 10m de altura. Heyligers (1963) descreveu e discutiu as savanas sobre areia branca do Suriname, onde elas cobrem áreas extensas e têm diversos tipos de vegetação, tanto de floresta como de bosque aberto.