

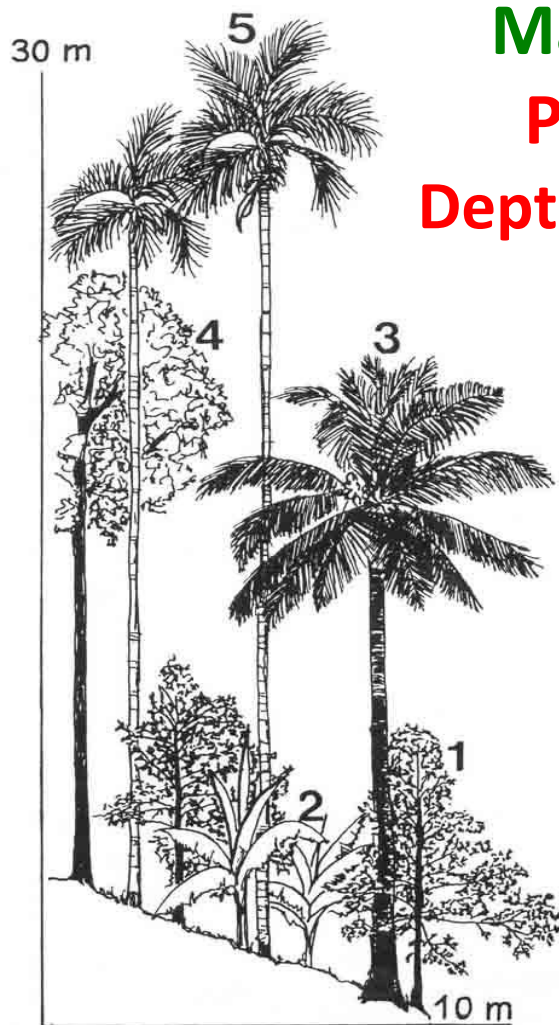
# Matéria de Sistemas Agroflorestais (SAFs)

Prof. ILYAS Siddique [ilyas.s@ufsc.br](mailto:ilyas.s@ufsc.br)

Depto. de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal de Santa Catarina

## Definição de SAFs

= formas de uso e manejo dos recursos naturais nas quais espécies lenhosas (árvores, arbustos, cipós) são utilizadas em associação deliberada com cultivos agrícolas ou com animais utilizados no mesmo terreno, de maneira simultânea ou em seqüência temporal (modificado de: OTS-Organization of Tropical Studies, 1986)



“Forest Garden”, Sri Lanka:

1 = cravo-da-Índia (*Syzygium aromaticum*)

2 = banana (*Musa spp.*)

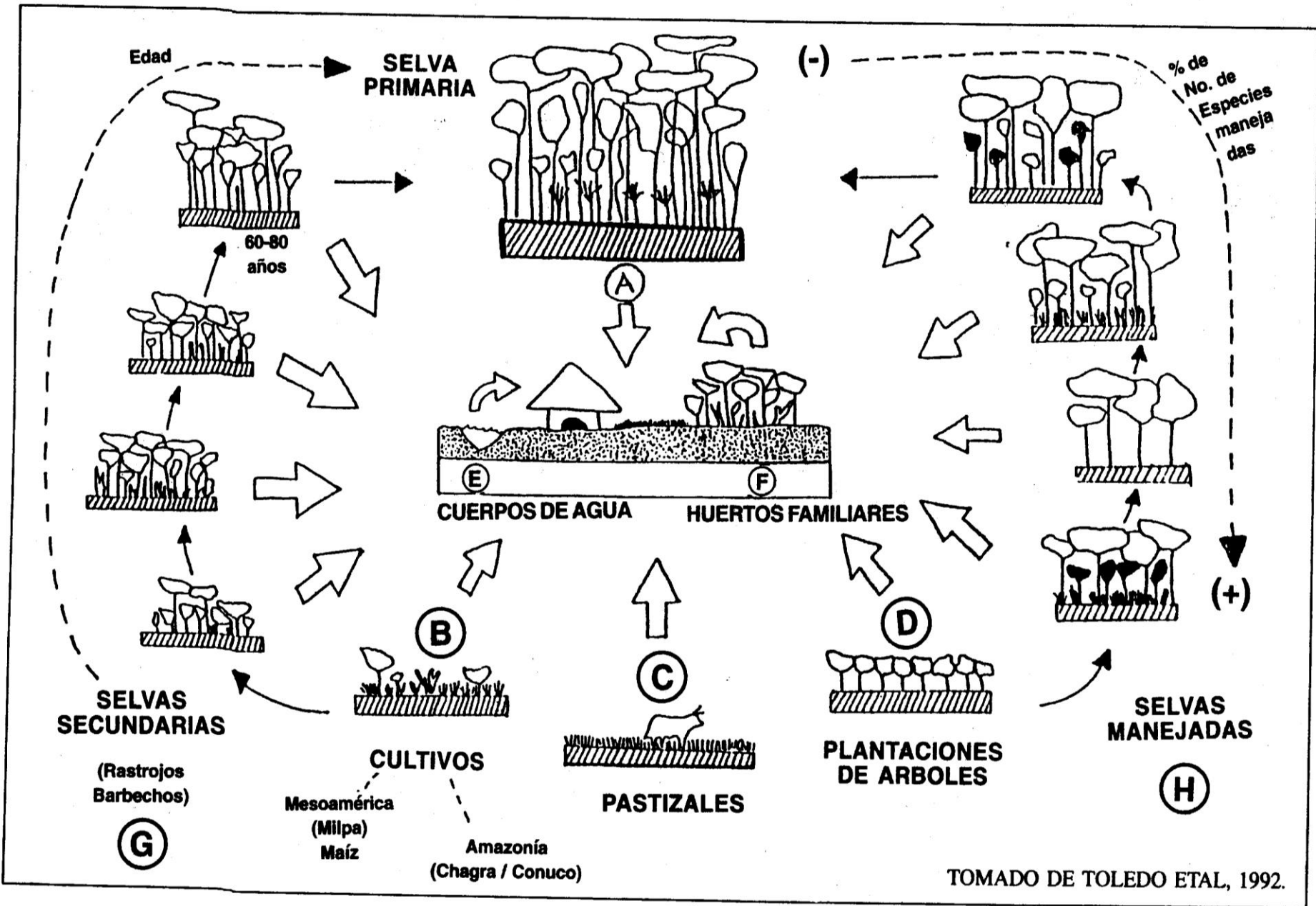
3 = cocon (*Cocos nucifera*)

4 = havari nuga (*Alstonia macrophylla*)

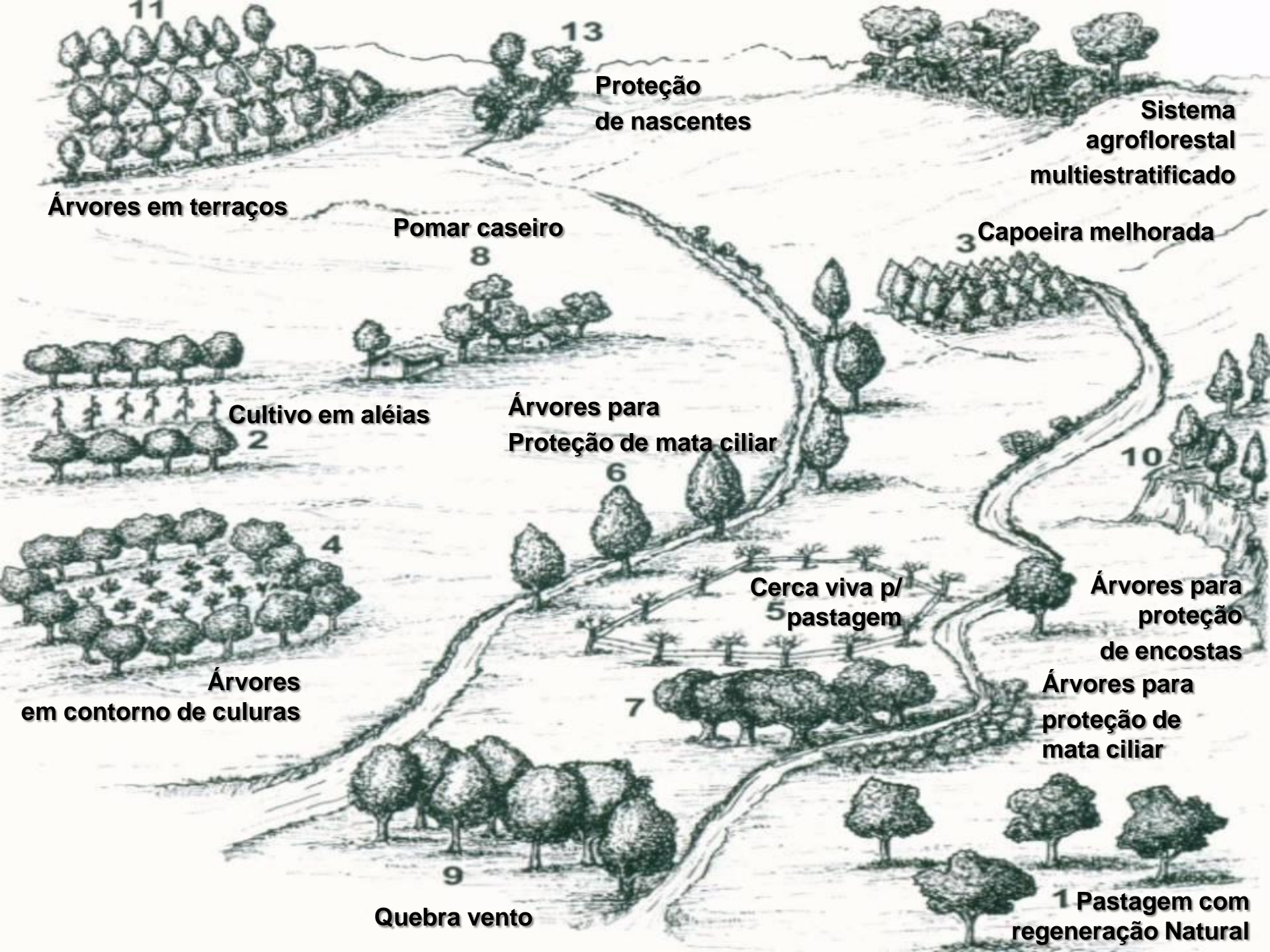
5 = castanha de areca (*Areca catechu*)

[S.Jayaweera; em Hochegger, 1998]

**Fig. 2** MODELO INDIGENA DE APROPIACION DE RECURSOS NATURALES EN EL TROPICO HUMEDO DE AMERICA LATINA.



TOMADO DE TOLEDO ETAL, 1992.



11  
**Árvores em terraços**

13  
**Proteção de nascentes**

**Sistema agroflorestal multiestratificado**

**Pomar caseiro**

3  
**Capoeira melhorada**

2  
**Cultivo em aléias**

8  
**Árvores para Proteção de mata ciliar**

10

4  
**Árvores em contorno de culturas**

6  
**Cerca viva p/ pastagem**

**Árvores para proteção de encostas**

7  
**Árvores para proteção de mata ciliar**

9  
**Quebra vento**

1  
**Pastagem com regeneração Natural**

# Sistemas / Práticas Silvopastoris

Nome	Características
Árvores em pastagens naturais e/ou plantadas	Regeneração natural (irregular ou sistemática) de árvores em áreas de pastagens
Culturas perenes com pastagens e animais	Cultivo perene (coco, dendê, seringueira,...com pastejos de animais
Pastagem em áreas reflorestadas	Pastagens em povoamentos florestais (castanha, mogno, teca...)
Bancos de proteínas	Plantio de árvores/arbustos para a produção de proteína para corte ou pastoreio direto pelos animais
Aquafloresta (Aqüicultura com árvores)	Plantio de árvores nos taludes de tanques e açudes, e manejo da mata ciliar, no <i>canal de igarapé</i>
Entomofloresta (Apicultura / Meliponicultura com árvores)	Plantio de árvores/arbustos ou manejo da floresta, como pasto apícola para produção de mel

Modificado de: Nestor Lourenço (2007)

Embrapa Amazônia Ocidental

# Sistemas / Práticas **Agrossilviculturais**

Nome	Características
Taungya	Plantio de espécies agrícolas nos primeiros anos de implantação das espécies arbóreas
Cultivo em Aléias ou plantios em renques	Plantio de árvores em fileiras ou faixas e cultivo agrícola entre as fileiras ou faixas das árvores
Árvores de uso múltiplo em áreas de cultivos agrícolas	Árvores plantadas, dispersas aleatoriamente ou em padrão sistemático em bordaduras, terraços ou faixas de cultivos agrícolas
Culturas arbóreas com cultivos agrícolas	Plantio multiestratificado com árvores para sombreamento de culturas arbóreas ou herbáceas
Capoeira melhorada ou Pousio melhorado	Árvores são plantadas junto com lavouras e deixadas para crescer no pousio

# Sistemas / Práticas

## Agrossilviculturais (continuação)

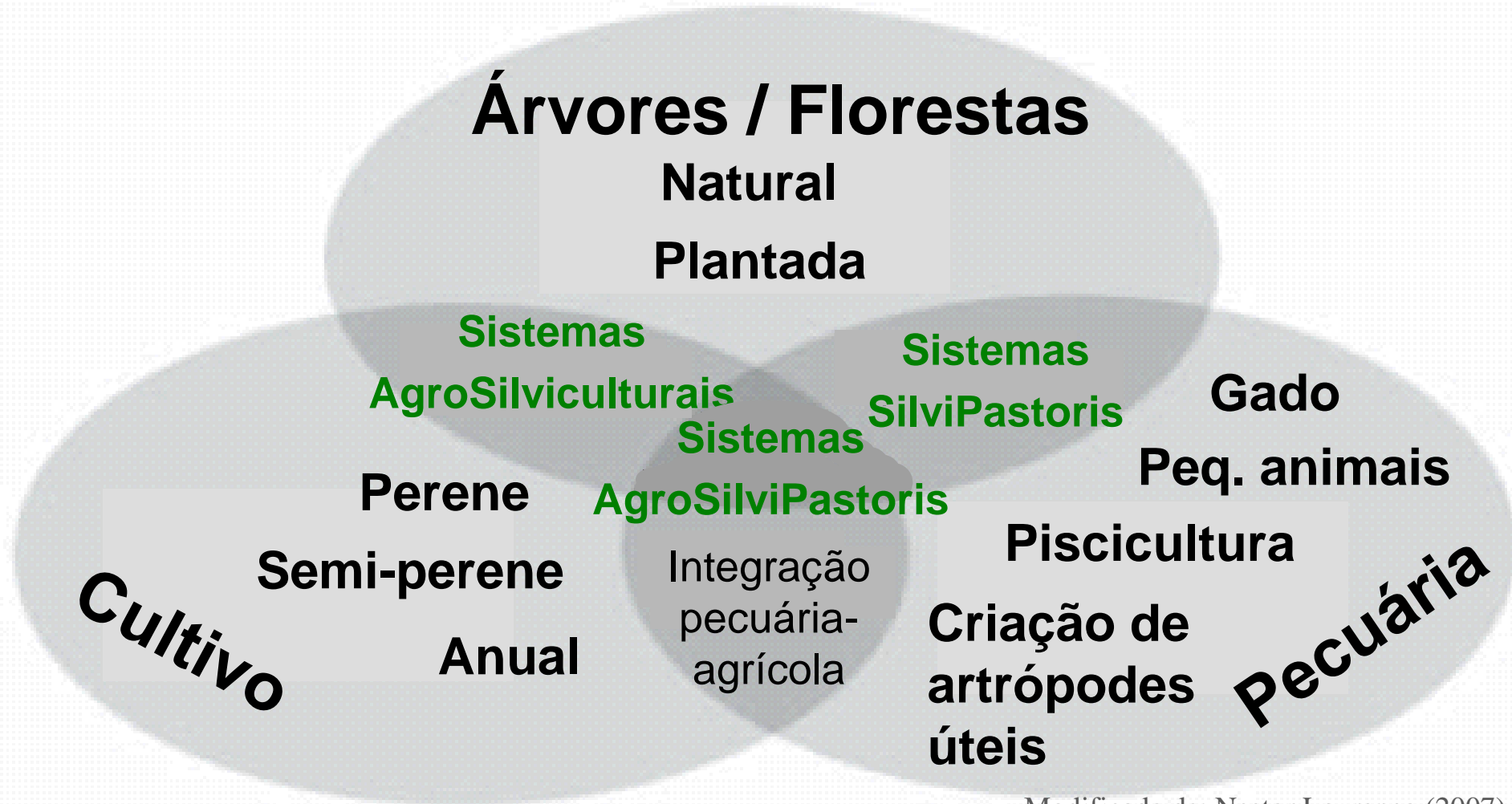
Nome	Características
Pomares caseiros / Horto caseiro / Quintal agroflorestal	Associações densas multiespécies, multiestratificadas, sem arranjo definido, próximos à moradia
Cercas vivas / Quebra ventos / Cortinas de proteção	Árvores plantadas em torno de culturas e glebas para proteção
Árvores para melhoria ou conservação do solo	Árvores plantadas em terraços, voçorocas, barrancos associadas ou não com gramíneas

# Sistemas / Práticas

## Agrossilvopastoris

Nome	Características
Pomares caseiros / Horto caseiro / Quintal agroflorestal com animais	Combinação multiestratificada de árvores, culturas agrícolas e animais em torno da casa
Sistemas agrossilviculturais com pastagens e animais	Sistema agrossilvicultural seguido de pastejo durante a fase madura do sistema
Outros... [ideias? experiências?]	...

# Classificação dos Sistemas Agroflorestais



Modificado de: Nestor Lourenço (2007)

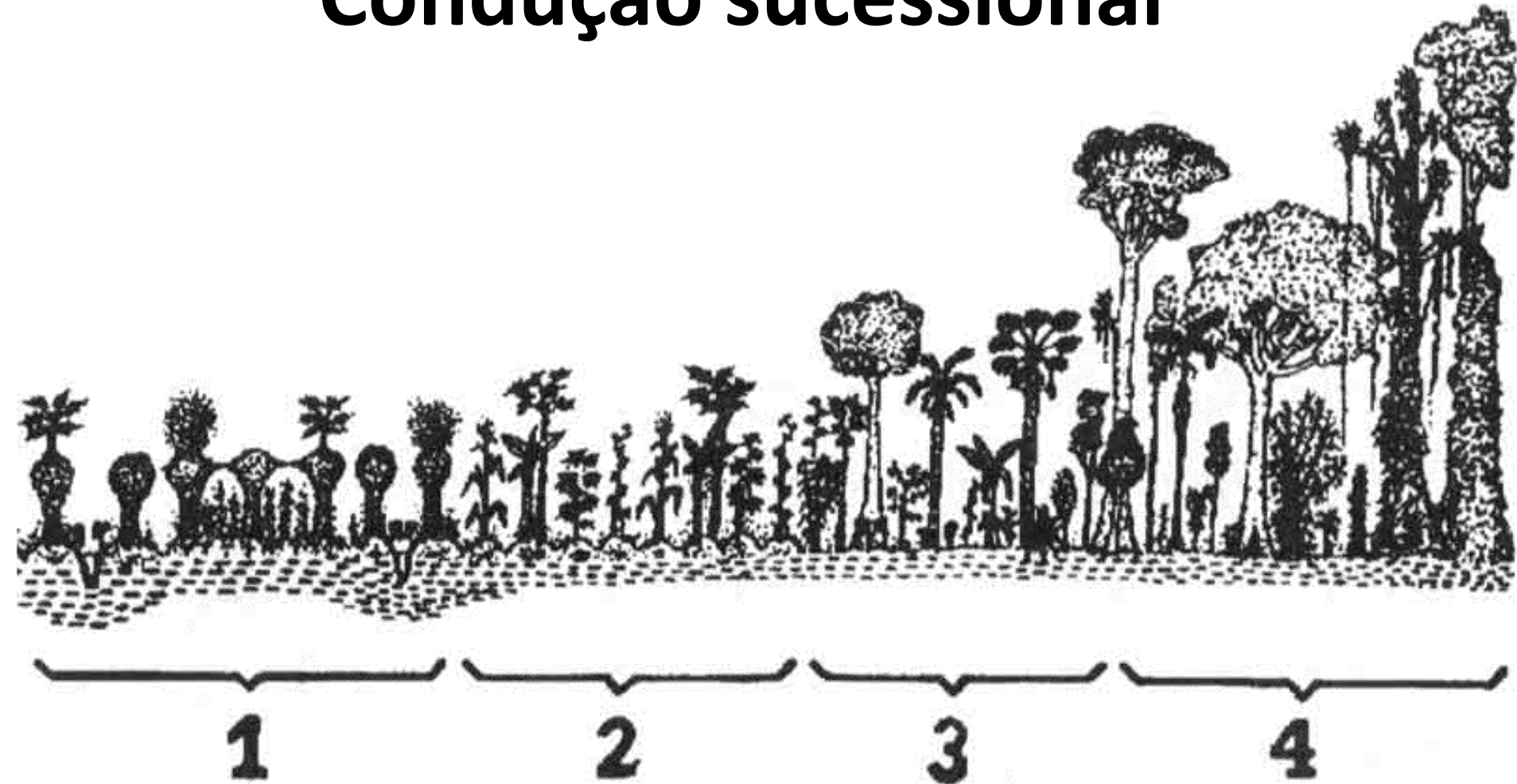
Embrapa Amazônia Ocidental



# Integrar múltiplas funções simultaneamente

- **inverter ordem convencional de planejamento:** compilar tudo que precisamos do agroecossistema nas dimensões econômicas, ambientais, sociais
  - como sistema pode gerar simultaneamente!?
  - qual manejo precisa sistema!?
- **Serviços agroecossistêmicos:** produção contínua e variada de alimentos e outros productos para demanda local; mitigação/atenuação do microclima; conservação da qualidade de água; regulação do clima global; aumento do potencial produtivo do solo; controle de doenças e pragas
- **Funções agroecossistêmicas:** captura e retenção de nutrientes, quebra-vento, hábitat para inimigos naturais, armazenamento de energia solar e nutrientes em biomassa

# Diretrizes de manejo: Condução sucessional



## Grupo Sucessional

## Duração

## Exemplo de espécies que estarão produzindo



Pioneiras

De 3 a 5 meses

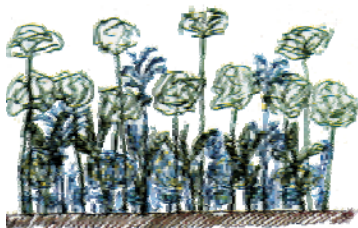
Milho, feijão, verduras  
ou arroz, milho e  
verduras



Secundárias  
com ciclo  
de vida curto  
(SEC I)

Até 2 ou 3 anos

Mandioca, guandu, abacaxi e  
araruta ou mamão, banana da  
terra, abacaxi e araruta ou Mamão,  
banana da terra, inhame ou taioba



Secundárias com  
ciclo de vida  
médio (SEC II)

Até 4 ou 5 anos

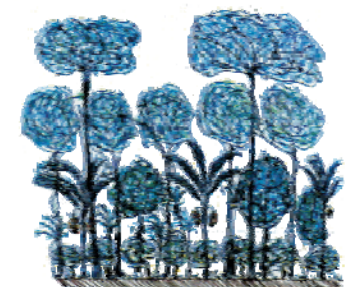
Banana prata, café, últimos  
abacaxis e primeiras pupunhas  
+ diversas espécies de árvores  
para lenha no fim do ciclo.



Secundárias com  
ciclo de vida  
longo (SEC III)

Até 15 ou 18 anos

Pupunha, açaí, citrus, abacate, jaca,  
goiaba, pinha, banana prata, cacau, café,  
cupuaçu + diversas espécies de  
árvores para lenha no fim do ciclo.



Primárias  
(Sistema Adulto)

Mais de 18 anos

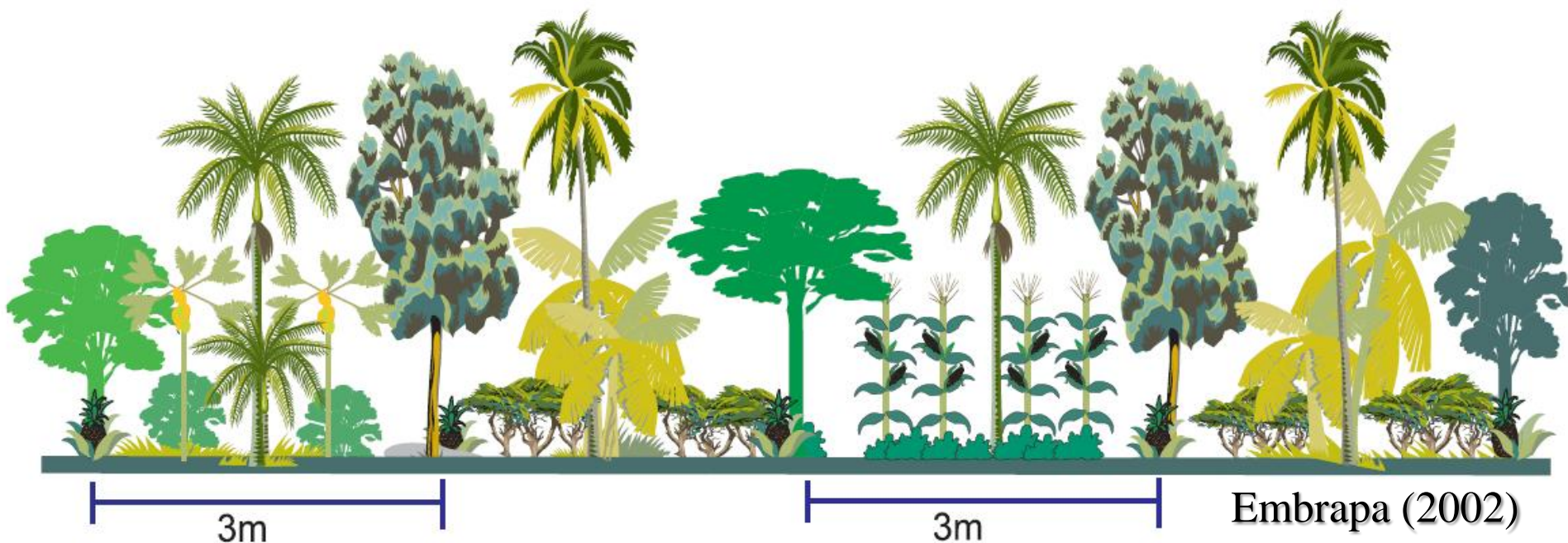
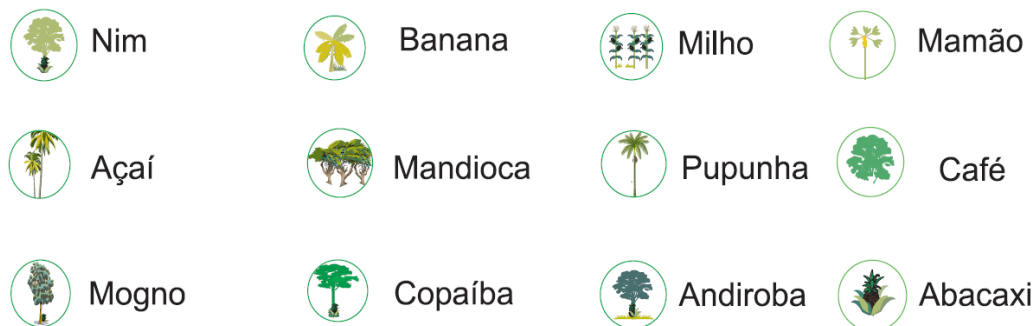
Castanha, seringueira, cajá, uxi,  
bacaba, açaí, cupuaçu, jaca, manga,  
árvores de resinas, cará-moela,  
baunilha, pimenta do reino + muitas  
árvores para madeira no fim do  
ciclo.

Peneireiro et al. (20XX) UFAC

Diretrizes de manejo: condução sucessional

# Multifuncionalidade em Sistemas Agroflorestais

1. Múltiplos benefícios simultâneas em SAFs
2. Interações positivas e negativas entre componentes ou objetivos



**Bem-estar humano** depende de...

## Serviços Ecossistêmicos

= Benefícios dos ecossistemas diretamente aproveitados pela humanidade

### Subministro:

Alimentos

Medicina

Fibras

Combustíveis

Água doce limpa

### Regulação:

Clima global

Perigos naturais

Controle de erosão

Doenças e pragas

...dependem de **propriedades e processos (funções) ecossistêmicos**

[="serviços de suporte/base" (AEM 2005)]:

Produtividade primária

Ciclagem biogeoquímica

Dinâmica de doenças, pragas

Dinâmica de plantas ruderais

Sustento da biodiversidade

Dinâmica de fluxos hídricos

Dinâmica microclimática

Formação de solo

# Múltiplos benefícios simultâneos **potenciais** de SAFs

## Serviços ecossistêmicos de **provisão**:

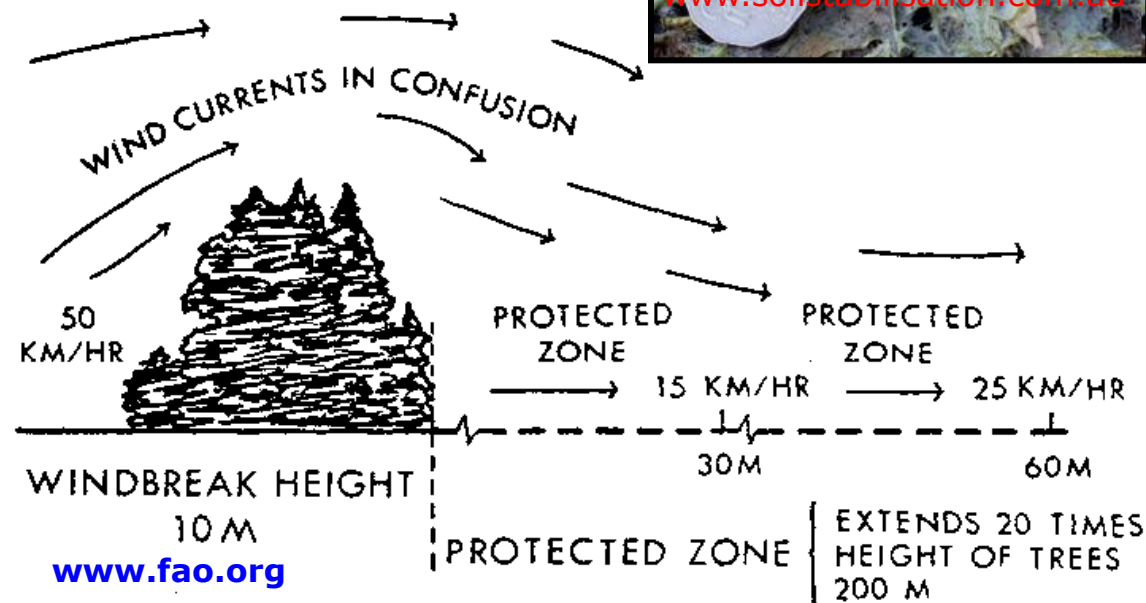
- Produção de alimentos
- Produção de madeira para construção, lenha...
- Produção de forragem
- Reabastecimento de reservas terrestres de água doce



# Múltiplos benefícios simultâneos **potenciais** de SAFs

## Serviços ecossistêmicos de **regulação**:

- Mitigação de inundações e secas
- Manutenção da qualidade de água
- Mitigação de mudanças globais (clima, etc)
- Mitigação de extremos microclimáticos
- Captura e retenção eficiente de recursos biofísicos (água, luz, nutrientes, energia)
- Conservação da biodiversidade na paisagem agrícola
- Mitigação de pragas e doenças



# Interações entre várias funções ecossistêmicas em Sistemas Agroflorestais

## Sinergias:

Desenhos e práticas de manejo que aumentam produção e conservação de um ou vários recursos naturais

## Tradeoffs (= demandas conflitivas):

Aumento de produção intrinsecamente resulta numa perda de recursos naturais

Ou

Conservação de recursos naturais intrinsecamente resulta na diminuição da produção

**Referência chave:** Bennett et al. 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters* **12**:1394-1404.



# Sinergias entre diferentes funções ecossistêmicas:

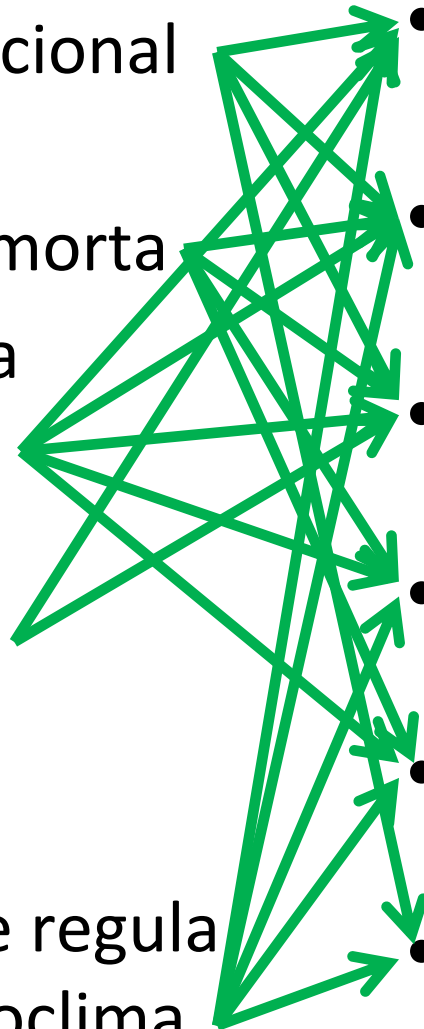
## 1 Prática de manejo realça várias funções simultaneamente

### Diretrizes no manejo:

- Diversificação funcional
- Continuidade de cobertura viva & morta
- Aumentar matéria orgânica do solo
- Favorecer inimigos naturais
- Estabelecer “infraestrutura” ecossistêmica que regula hidrologia & microclima

### Processos favorecidos:

- Produção contínua, regional, variada
- Fechar ciclos, aumentar captura de nutrientes
- Auto-regulação de doenças, pragas
- Amortecimento de fluxos hídricos
- Mitigação de extremos (micro)climáticos
- Conservação *in situ* de agrobiodiversidade



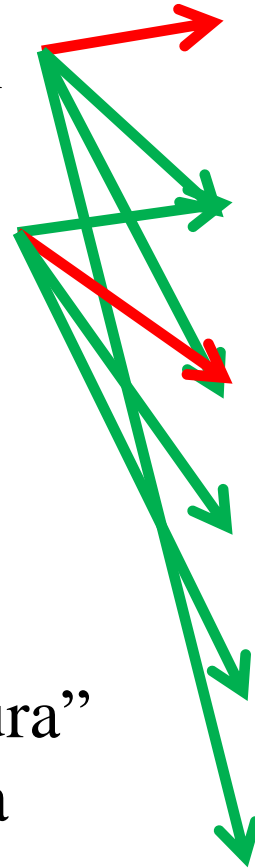
# Tradeoffs entre diferentes funções ecossistêmicas: Aumento de 1 função diminui inevitavelmente outra função

## Diretrizes no manejo:

- Diversificação funcional
- Continuidade de cobertura viva & morta
- Aumentar matéria orgânica do solo
- Favorecer inimigos naturais
- Estabelecer “infraestrutura” ecossistêmica que regula hidrologia & microclima

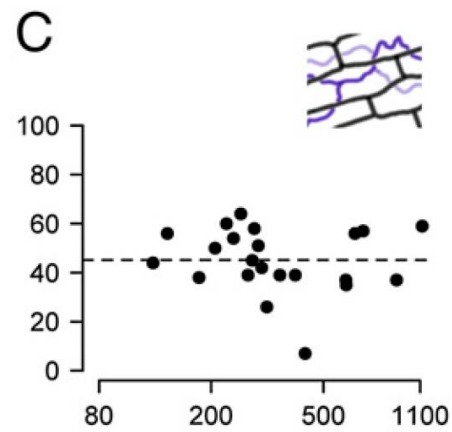
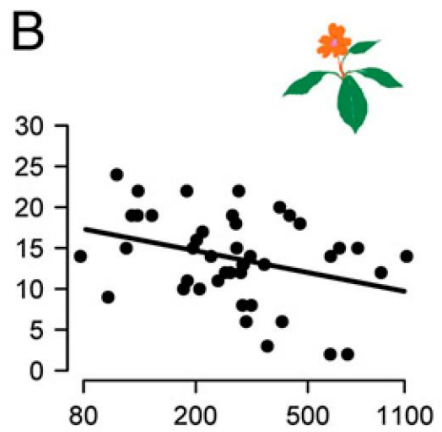
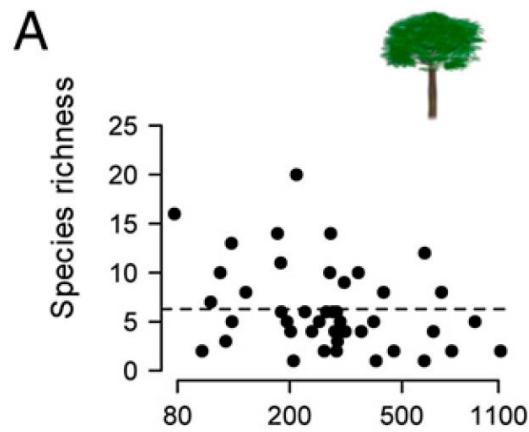
## Processos favorecidos:

- Produção contínua, regional, variada
- Fechar ciclos, aumentar captura de nutrientes
- Autoregulação de pragas, doenças
- Amortecimento de fluxos hídricos
- Mitigação de extremos (micro)climáticos
- Conservação *in situ* de agrobiodiversidade

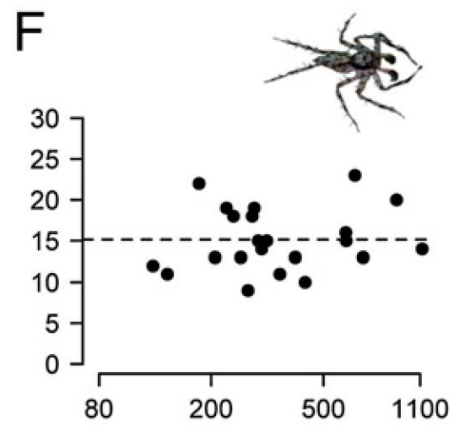
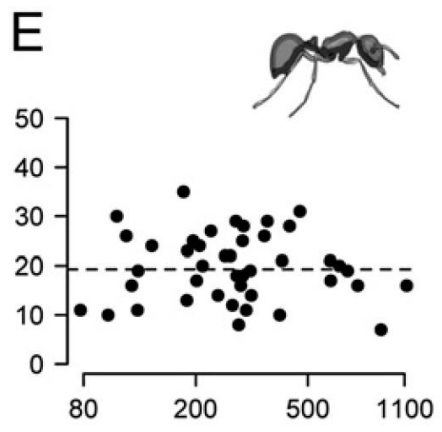
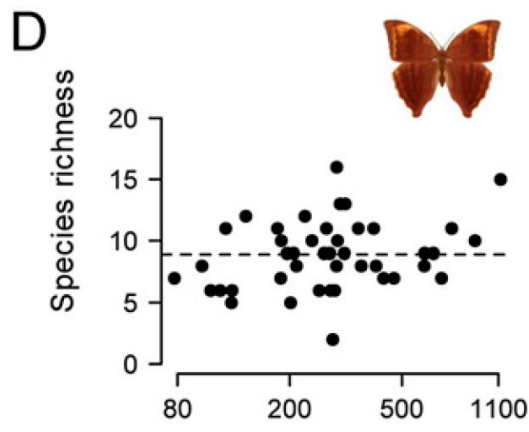




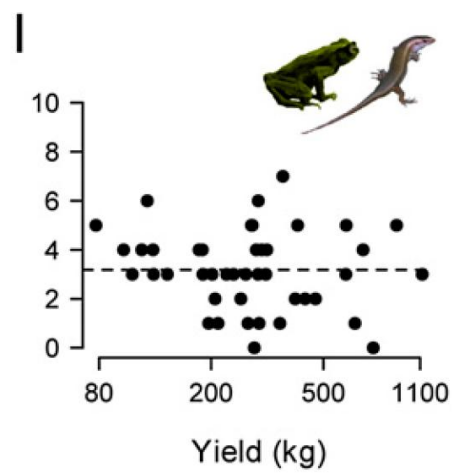
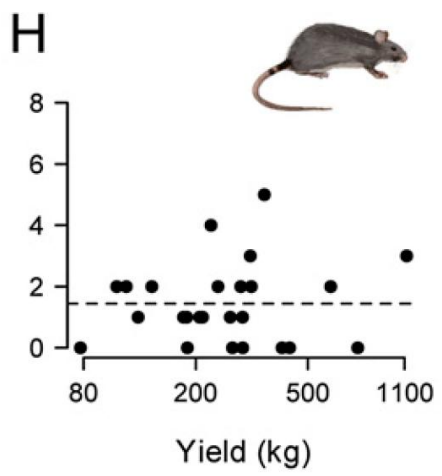
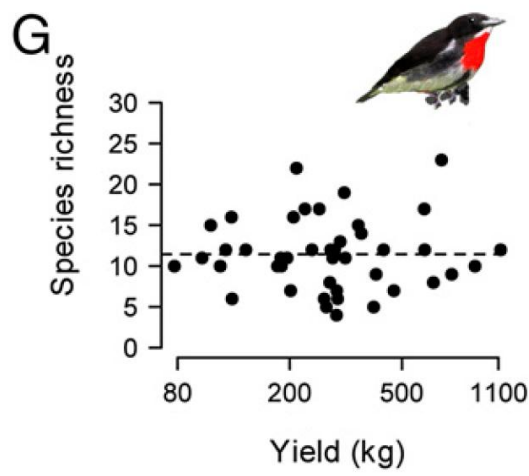
**Conservação da  
biodiversidade  
+ Produção Agroflorestal**



**Potencial para sinergias entre produção e biodiversidade**



Biodiversidade associada ao cultivo em SAFs de cacau não diminuiu com safras (21-43 parcelas de 50x50m no



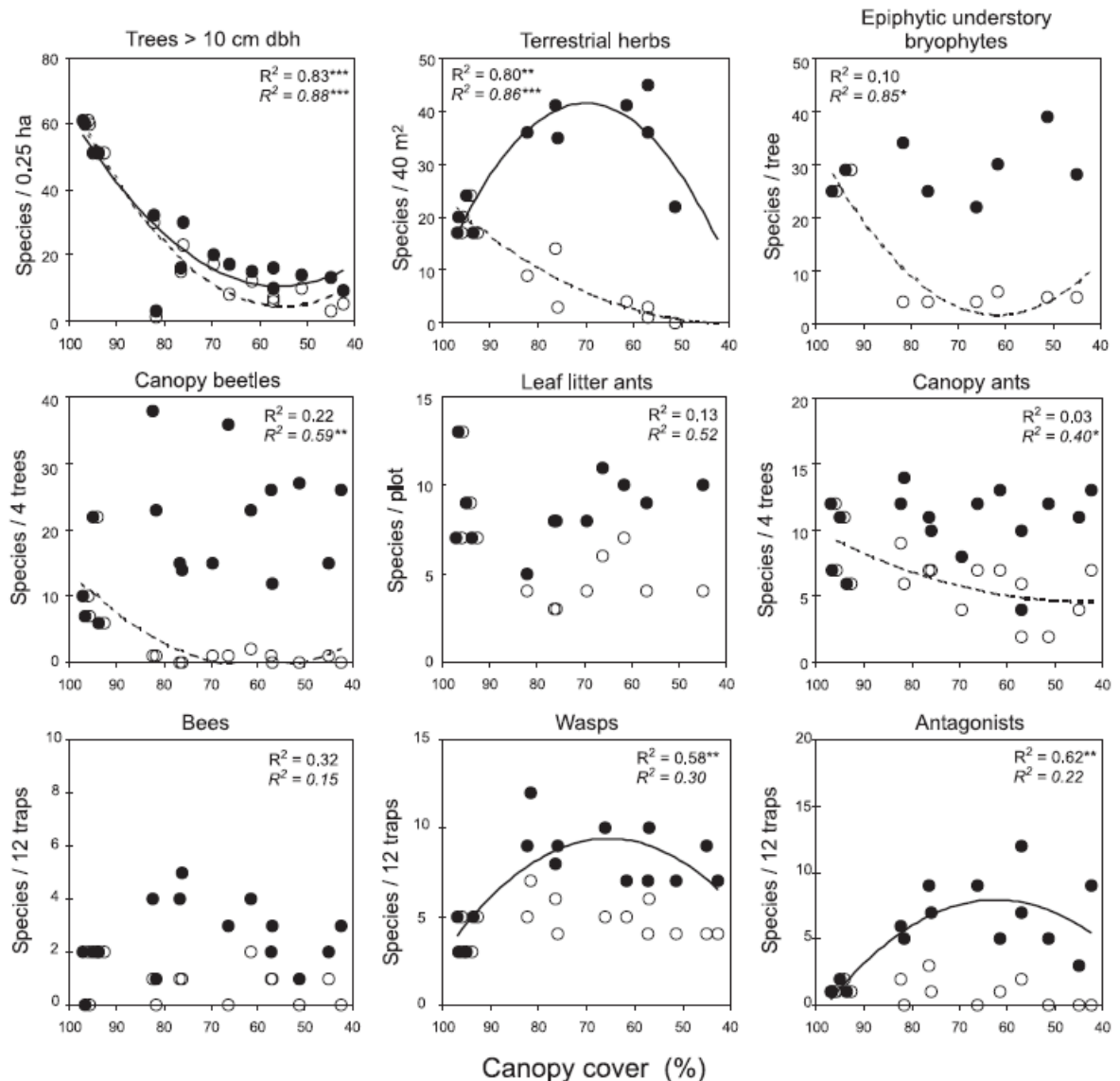
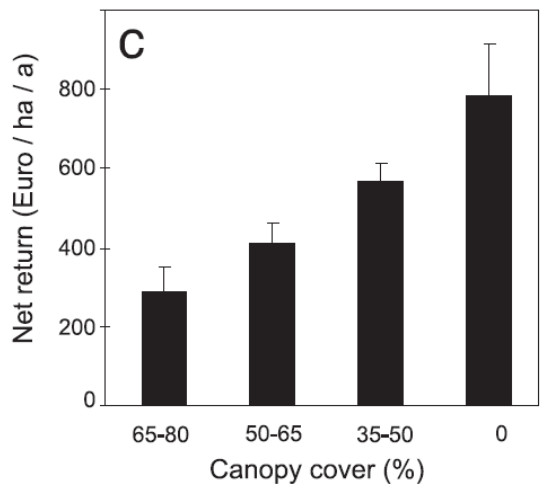
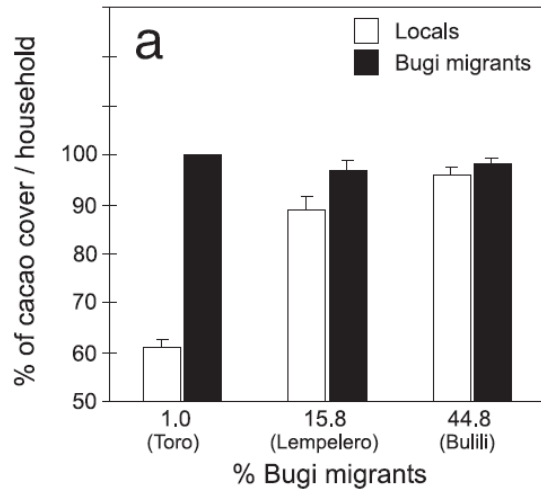
Parque Nacional, Sulawesi, Indonésia)

FONTE:  
Clough et al. (2011) ***PNAS***

# Potencial para tradeoffs entre produção e biodiversidade

Riqueza de espécies de 9 grupos de plantas e insetos ao longo do gradiente de cobertura do dossel acima do dossel de cacau em SAFs. 90%=floresta; resto=SAFs de cacau (12 parcelas de 50x50m no arredor de 1 vilarejo, Sulawesi, Indonésia).

FONTE: Steffan-Dewenter et al. (2007) *PNAS*



Costa Rica,  
El Salvador,  
Nicaragua  
 $A = As, Bn, Cf, Co$   
 $T = Br, Bt, Hr, In, Mm, Tr$

Mexico  
 $A = Cf$   
 $T = Tr$

India  
 $A = Cf, Ca, Hg$   
 $T = Br, Mf, Pn, Tr$

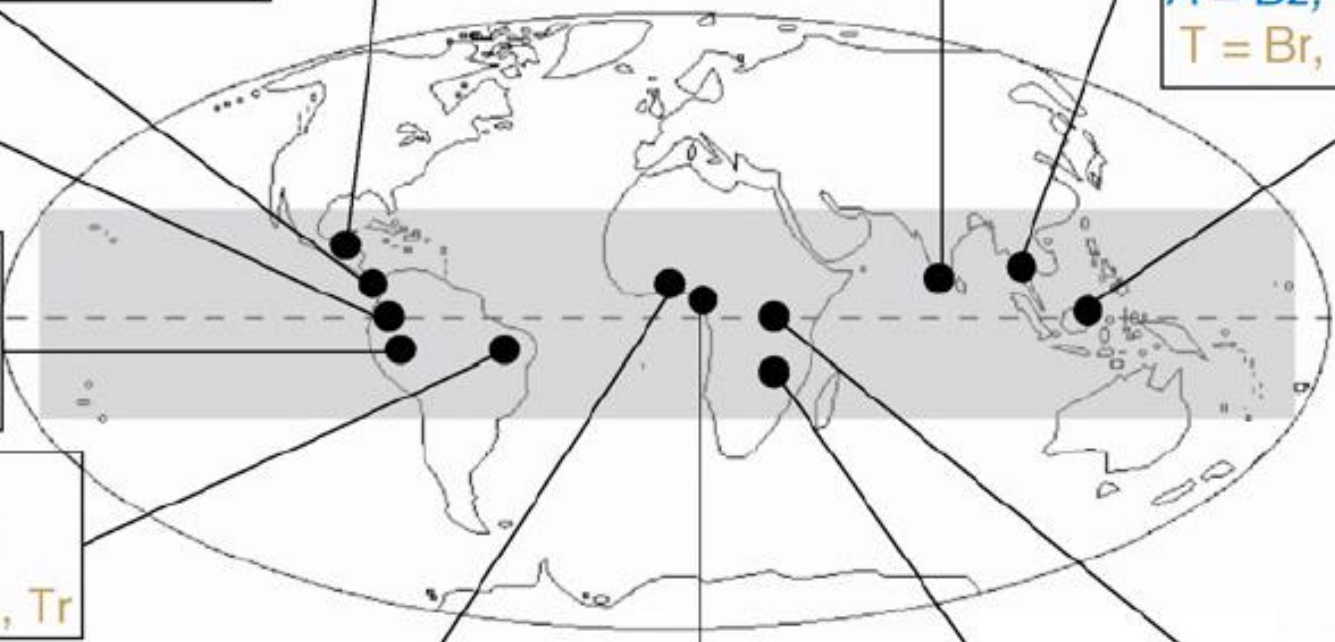
Thailand  
 $A = Mf$   
 $T = Br$

Indonesia  
 $A = Bz, Cf, Co, Jr, Rt$   
 $T = Br, In, Tr, Pl, Pn$

Colombia  
 $A = Cf$   
 $T = In$

Ecuador  
 $A = Cf$   
 $T = Br, In, Tr$

Brazil  
 $A = Co$   
 $T = Bt, Br, In, Tr$



Nigeria  
 $A = Co$   
 $T = Tr$

Cameroon  
 $A = Cc, Co$   
 $T = Br, In, Pn, Tr$

Tanzania  
 $A = Hg$   
 $T = Tr$

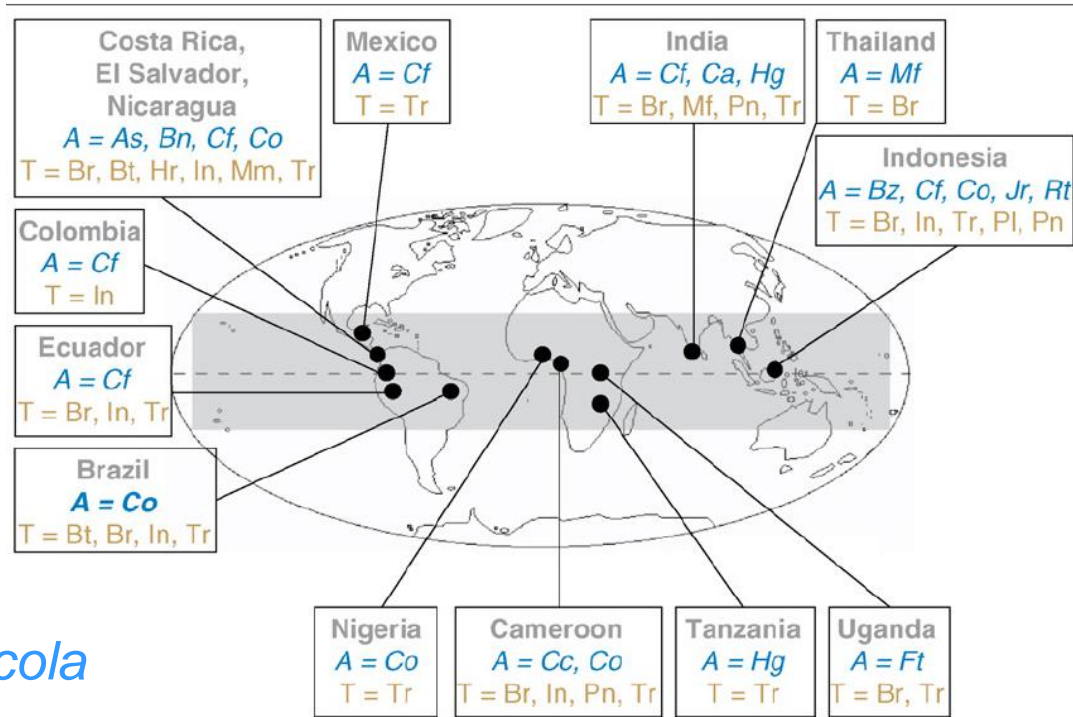
Uganda  
 $A = Ft$   
 $T = Br, Tr$

Em SAFs >60% da  
riqueza de spp  
das florestas  
adjacentes

# Biodiversidade em SAFs comparado com floresta

## Tipos de SAFs:

- As=allspice
- Bn=banana
- Bz=benzoin
- Ca=cardamom
- Cc=cacau+café
- Jr=seringa (semi-silvestre)
- Mf=pomar consorciado
- Ft=árvores em propriedade agrícola
- Cf=café
- Co=cacau
- Hg=quintais
- Rt=ratã



Taxa reported	Number of examples	Agroforestry systems represented (abbreviated name [number of examples]) <sup>a</sup>	Richness compared to forest % (mean [range]) <sup>b</sup>	Similarity with forest % (mean [range]) <sup>c</sup>
Bats	3	Bn (1), Co (2)	139 (115–186)	61 (55–70)
Birds	12	As (1), Bn (1), Cf (4), Co (3), Ft (1), Jr (1), Mf (1)	92 (20–179)	52 (19–79)
Herptiles	1	As (1)	62 (62)	34 (15–38)
Insects	19	Bn (1), Co (10), Cc (1), Cf (6), Jr (1)	86 (44–250)	49 (2–98)
Macrofungi	1	Cf (1)	89 (89)	61 (61)
Mammals (excluding bats)	3	As (1), Bn (1), Co (1)	93 (67–121)	65 (45–91)
Plants (lower)	5	Co (2), Jr (3)	112 (77–144)	42 (6–81)
Plants (herbaceous)	5	Co (2), Cc (1), Cf (1), Hg (1)	64 (25–100)	25 (2–54)
Trees	20	Bn (2), Bz (2), Ca (1), Co (6), Cc (1), Cf (4), Ft (1), Hg (1), Jr (1), Rt (1)	64 (8–213)	39 (5–100)



**Baghwat et al. (2008) *TREE***





# Colher vários produtos no mesmo ciclo + Conservar biodiversidade



1. Produzir mandioca  
+ Condução simultânea  
de biomassa para lenha



2. Refúgio para biodiversidade  
3. ~10 anos: colheita de lenha  
4. Aproveitar produtos “menores”

# Interações entre biomassa total, safra por ha vs. por árvore (~densidade de cultivos secundários & luz?)

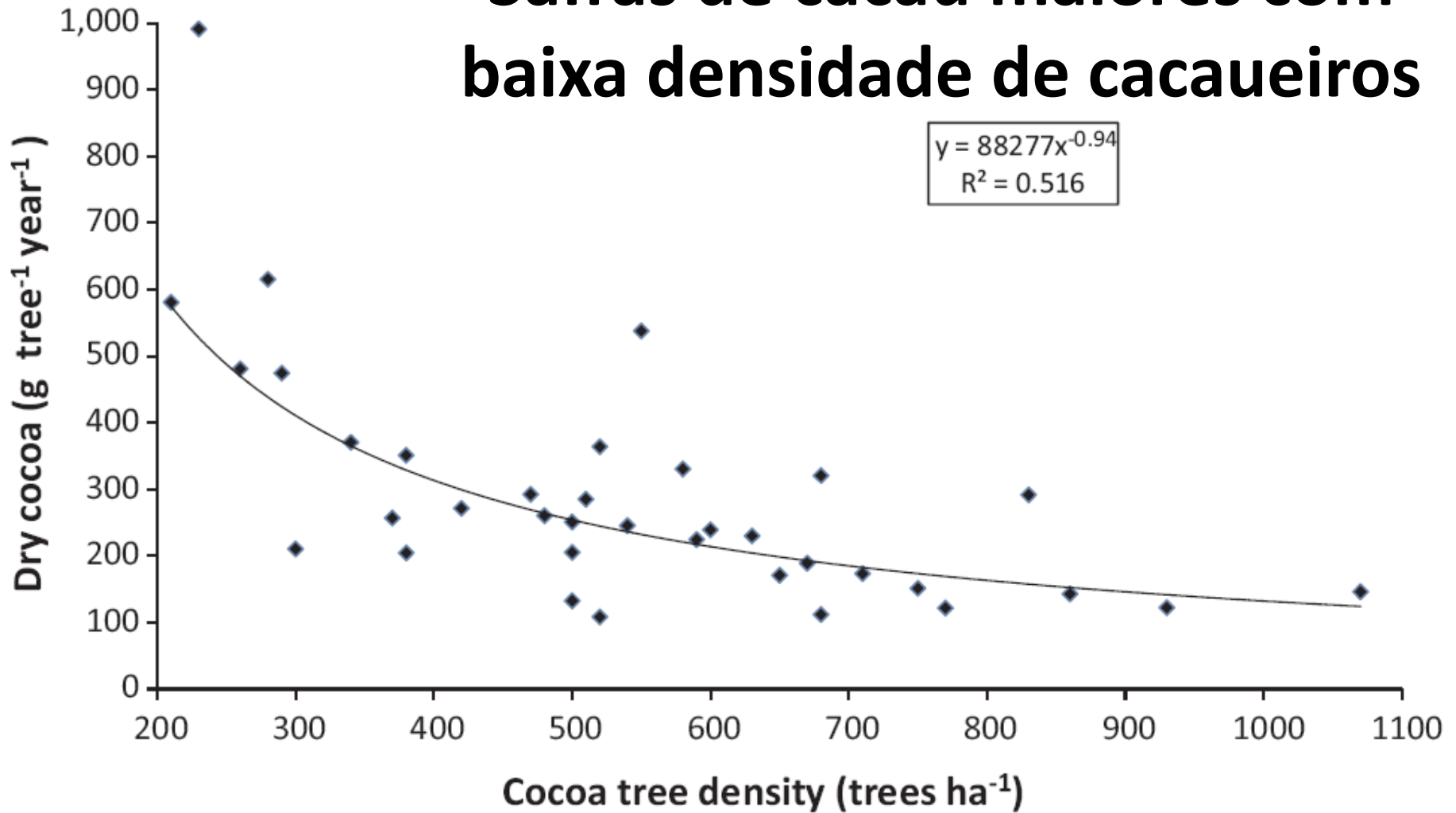
Table 2

Results of ANOVA conducted on cocoa yield and fresh aboveground plant volume for the four vegetation structures

Vegetation structure patterns (number of cocoa agroforests)	Complex and high density canopy AFS (6)	High cocoa density AFS (11)	High Musa density AFS (10)	Complex and low density canopy AFS (9)
<b>Productivity</b>				
Estimated overall aboveground fresh plant volume ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ )	371.7a	406.4a	343.0a	464.4a
Estimated canopy aboveground fresh plant volume ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ )	331.7a	340.0a	314.0a	423.3a
Estimated cacao aboveground fresh plant volume ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ )	41.7a	66.4a	29.0a	42.2a
Dry cocoa yield ( $\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ )	105.67a	148.64a	147.30a	127.89a
Dry cocoa yield per cocoa tree ( $\text{g tree}^{-1} \text{year}^{-1}$ )	197.17b	235.27b	454.50a	237.11b

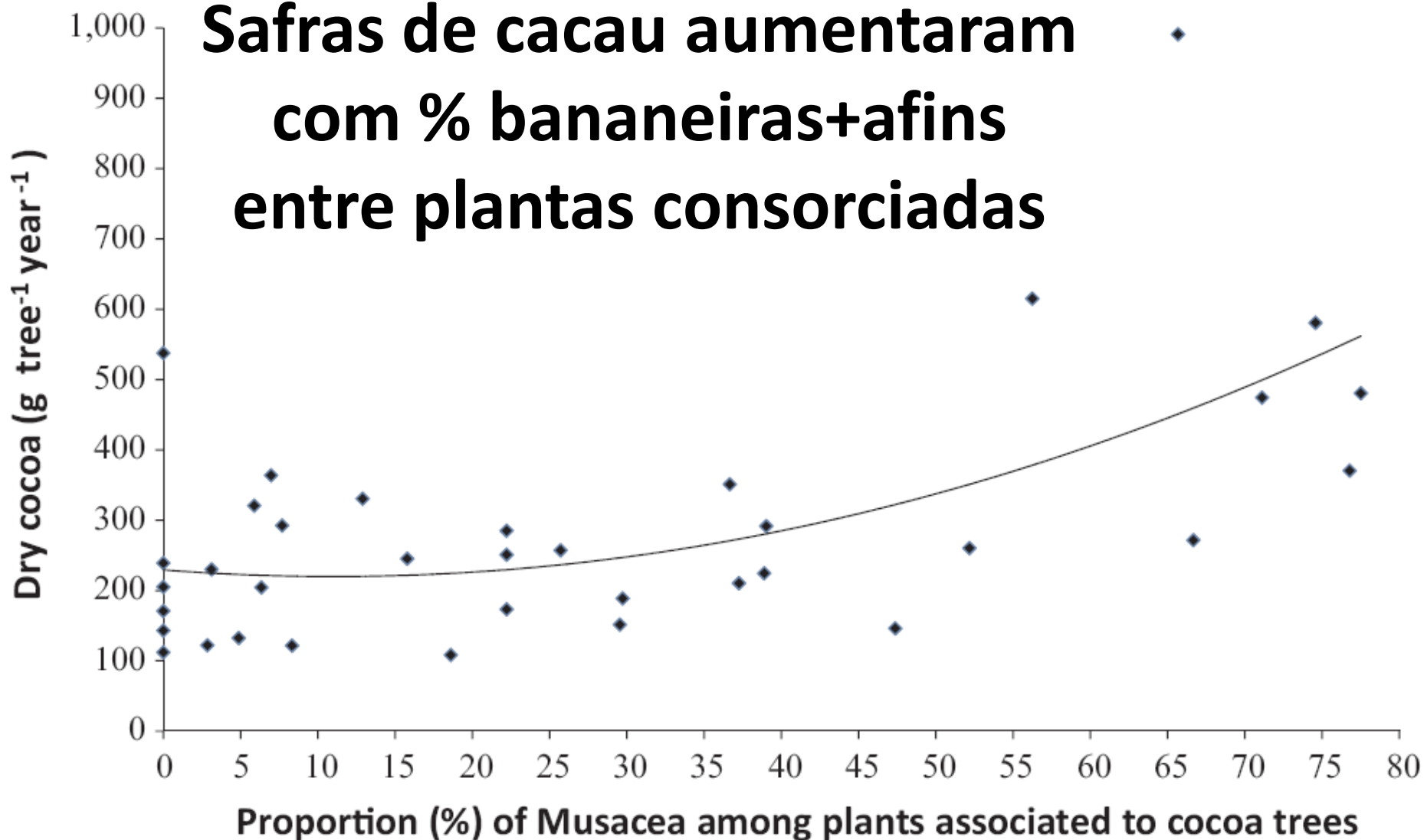
Values in the same line with the same letters are not significantly different [LSD test at  $p < 0.01$ ].

# Safras de cacau maiores com baixa densidade de cacagueiros



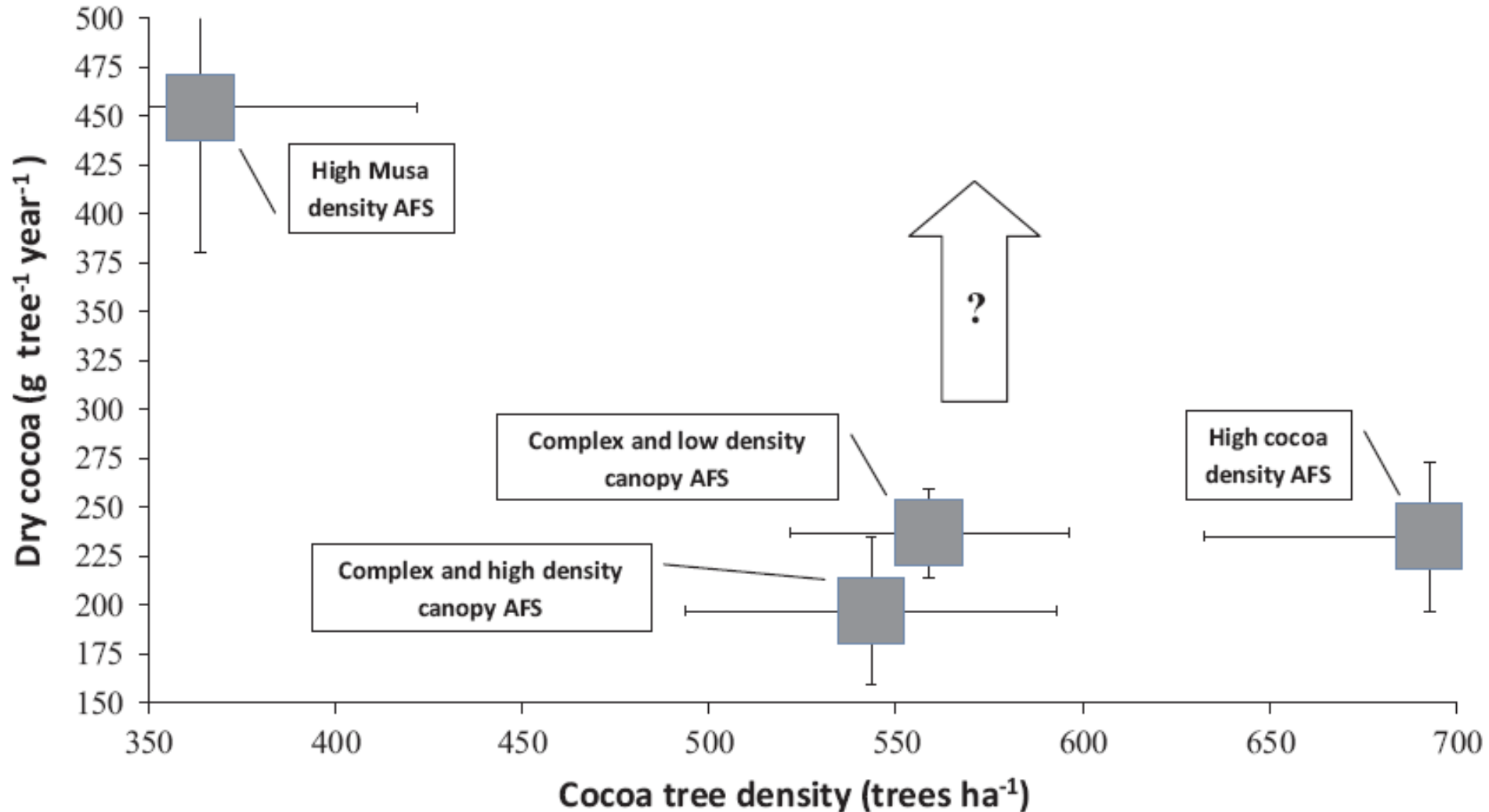
**Fig. 1.** Correlation between the annual cocoa yield per tree and the cocoa tree density in 36 cocoa-based agroforestry systems (Talamanca, Costa Rica).

# Safras de cacau aumentaram com % bananeiras+afins entre plantas consorciadas



**Fig. 2.** Correlation between the annual cocoa yield per tree and the relative proportion of Musaceae among plants associated with cocoa in 36 cocoa-based agroforestry systems (Talamanca, Costa Rica). Deheuvels et al. 2012 *Agric Ecosys Environ*

# Possível superar aparente tradeoff entre densidade e produtividade de cacauzeiros?



# Produção econômica + Conservação do solo e água



Cobertura de material vegetal morto



Terraças/aleias construídas com material produzido no local

# Conflito entre produtividade agroflorestal e enriquecimento de N em plantios de fixadores de N<sub>2</sub>

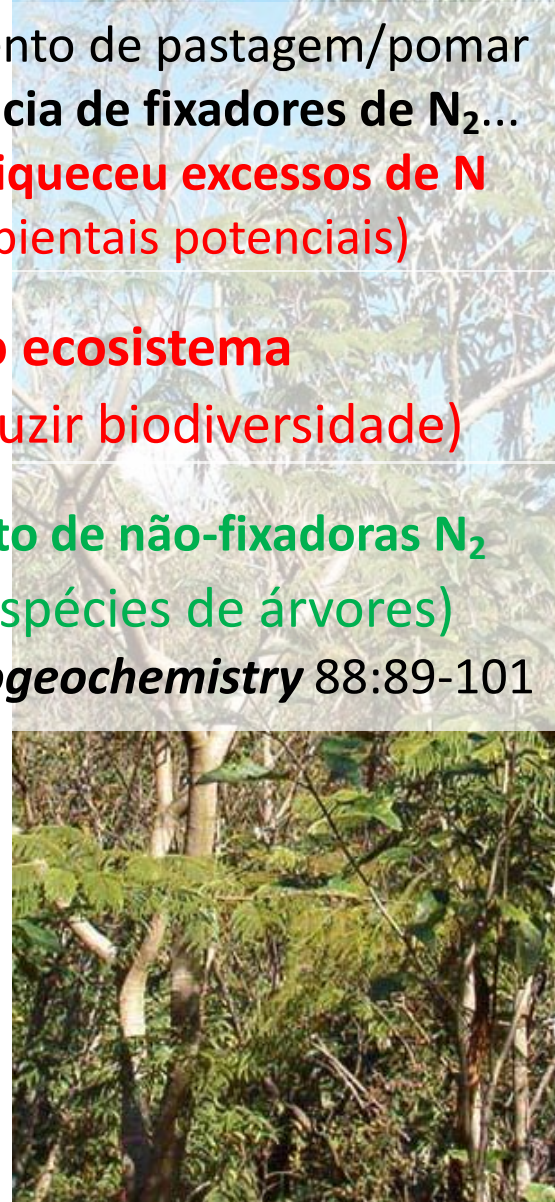
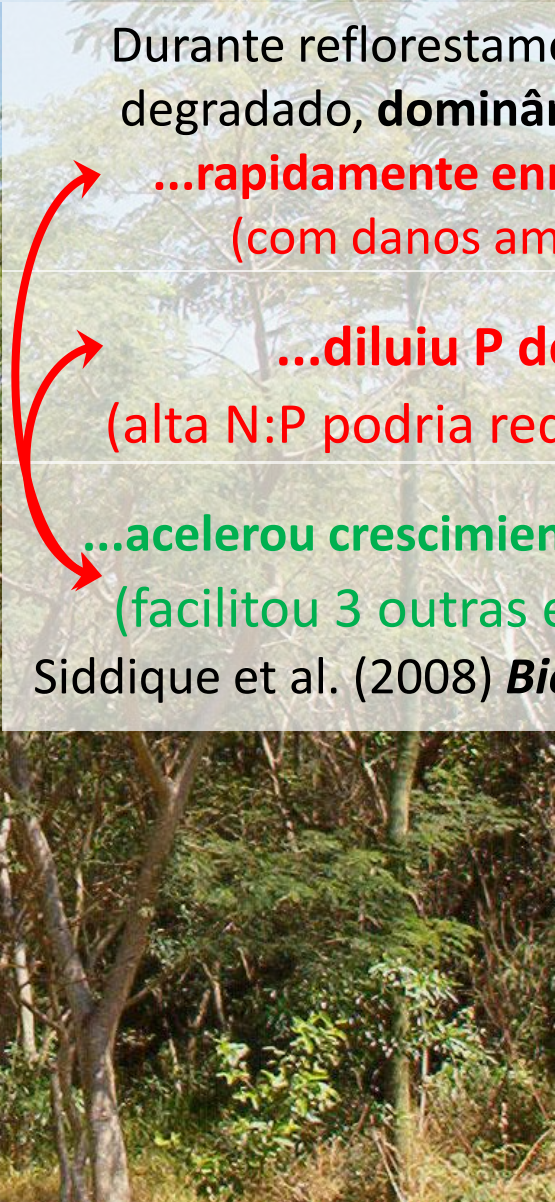
Durante reflorestamento de pastagem/pomar degradado, **dominância de fixadores de N<sub>2</sub>**...

**...rapidamente enriqueceu excessos de N**  
(com danos ambientais potenciais)

**...diluiu P do ecossistema**  
(alta N:P poderia reduzir biodiversidade)

**...acelerou crescimento de não-fixadoras N<sub>2</sub>**  
(facilitou 3 outras espécies de árvores)

Siddique et al. (2008) *Biogeochemistry* 88:89-101





# Sinergia entre múltiplas funções de regulação e serviços de provisão em agroflorestas estabelecidas em campos degradados

Assentamentos de reforma agrária na Sri Lanka:

Durante 20 anos de produção agroflorestal

Sinergia entre:

- Aumentou produtividade agroflorestal (frutas, castanhas, madeira de lei, medicina etc);
- Recuperou ciclagem bio-geoquímica e formação de solo (Ah);
- Diversificou habitat para biodiversidade forestal.

Siddique et al. (2007)

***Biology Fertility Soils***



# Agroflorestas sequestram carbono da atmosfera

Análise integrativa de muitos estudos independentes (meta-análise) indica que plantio de árvores sequestra C da atmosfera no solo

**Aproveitamento  
eficiente de  
recursos  
(nutrientes, água,  
luz, energia, etc)  
com cultivos  
complementares**

Ocupar espaço com  
diferentes cultivos para  
evitar invasão por plantas  
espontâneas (“daninhas”)



Foto:  
F. Biguzzi

Juçara

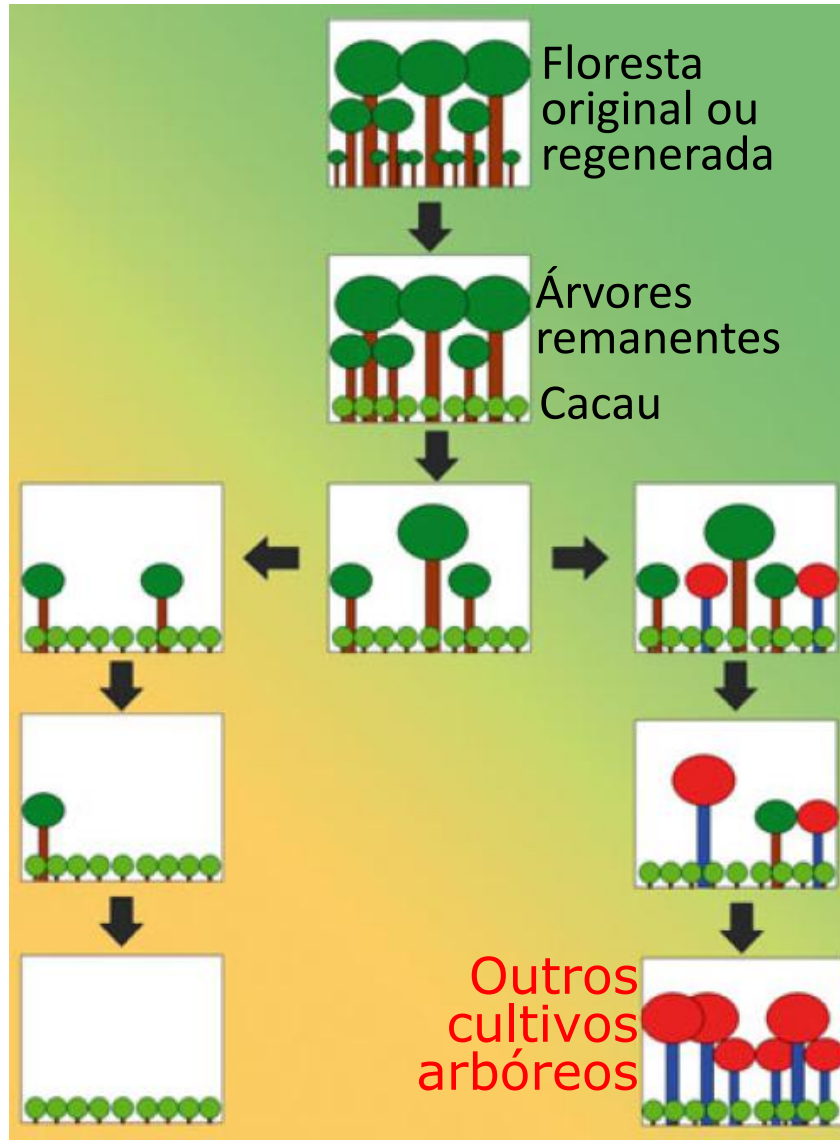
Banana

Pupunha

Café



# Conflitos entre diferentes funções em agroflorestas: exemplo cacau



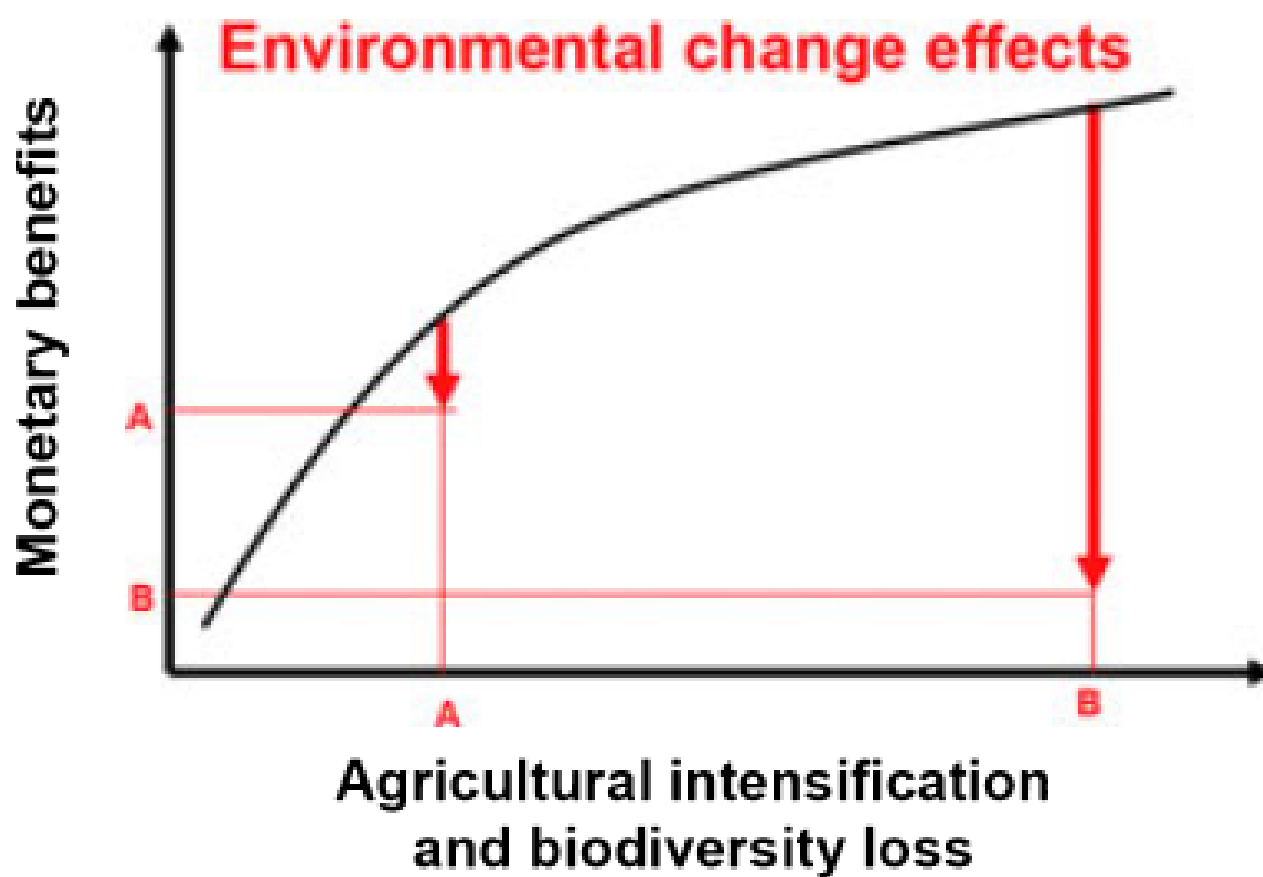


Fig. 4. Conceptual model illustrating increasing vulnerability to environmental (and economic and social) change with agricultural intensification. Shade tree loss can be used as a proxy for agricultural intensification in agroforestry. Monetary benefits (households' income stability) decrease less in low intensity (A) than high intensity production systems (B).

# Desafios sociais e econômicos:



**Mão-de-obra inicial**



**Requer conhecimento  
amplo das espécies e  
suas necessidades**

# Barreira: Falta de infraestrutura para aproveitamento agroflorestal

Produtores precisam se organizar em grupos para implementar aproveitamento diversificado e comercialização (Sul: Rede Ecovida)

...mas falta investimento em infraestrutura





# Agroflorestas: oportunidades e desafios

- Geram múltiplos benefícios simultâneos
- Evitam custos futuros
- Falta de conhecimento
- Requerem investimento (inicial):
  - Mão-de-obra diversificada (...gera emprego)
  - Infraestrutura para aproveitamento
  - Organização social para compartilhar infraestrutura e distribuir produtos
  - Monitoramento

# Agroflorestas: Necessidades urgentes

- Políticas públicas que efetivamente incentivam agroflorestas multifuncionais
  - Incentivos:
    - Financeiros
    - Fiscalização
    - Investimento em infraestrutura
  - Apoio no monitoramento
- Investimento em infraestrutura agroflorestal
  - Público e privado (incentivos e apoio)
  - Iniciativas individuais (escolhas pessoais)