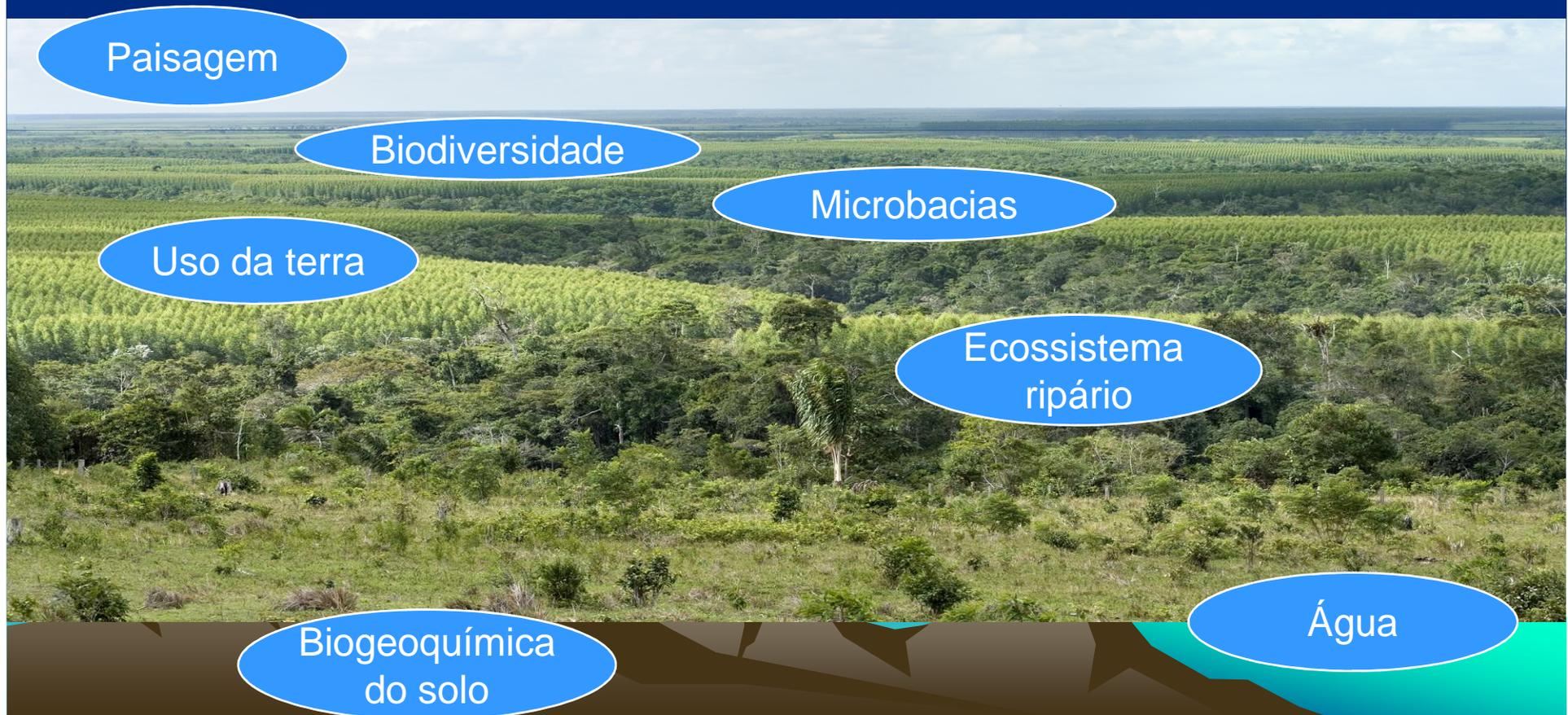


ASPECTOS HIDROLÓGICOS DOS PLANTIOS FLORESTAIS PARA FINS ENERGÉTICOS NOS DIFERENTES BIOMAS BRASILEIROS

1º Congresso Brasileiro sobre Florestas Energéticas
Belo Horizonte, MG, 02-05 de junho de 2009

- Walter de Paula Lima
USP/ESALQ



Ecossistemas Florestais e Recursos Hídricos

- Naturalmente inter-relacionados
- Manejo florestal e impactos sobre a água
- Manejo de plantações florestais: o “efeito plantação”
- Eucalipto x água



Perspectivas

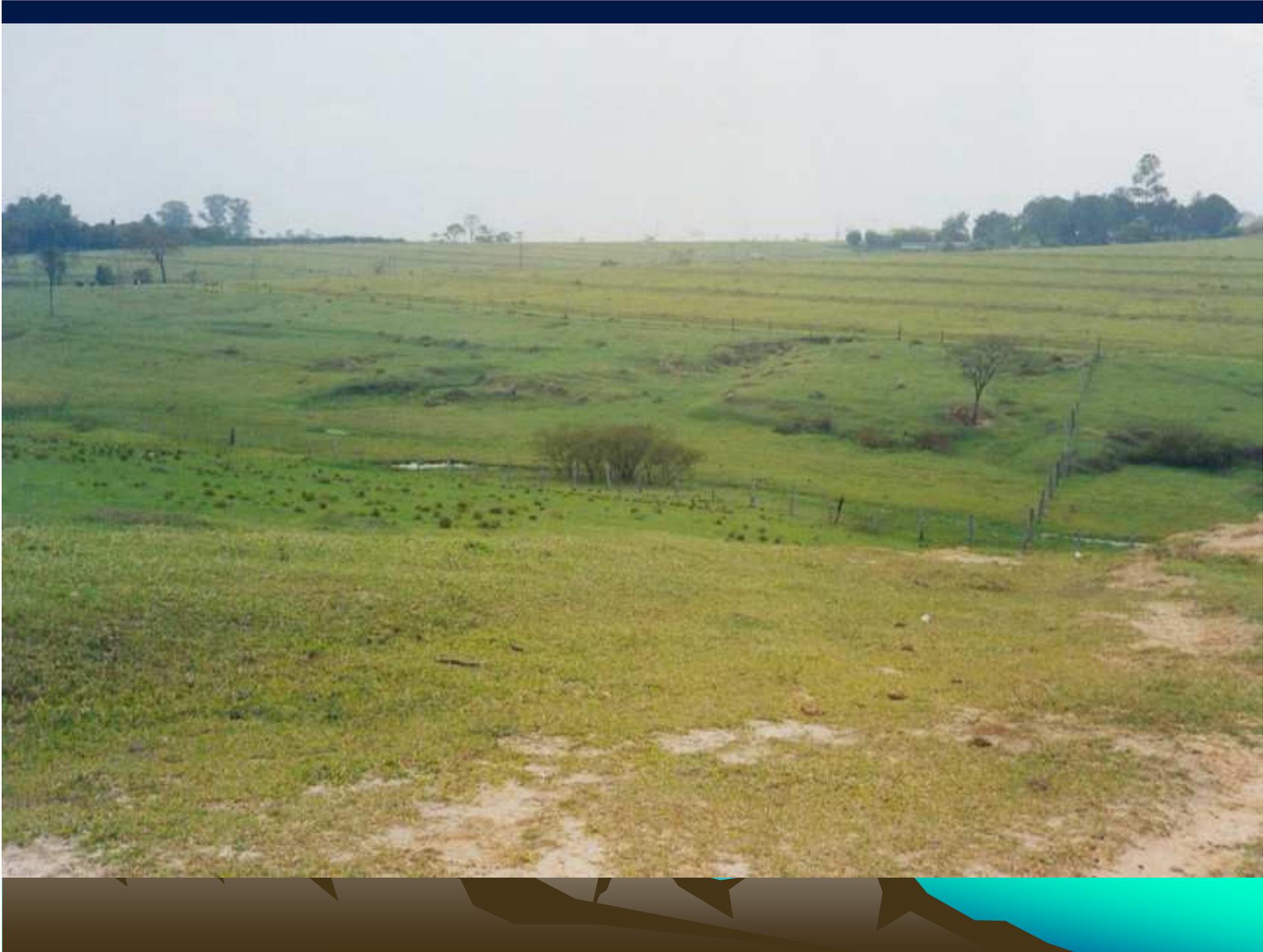
- **1990 a 2007**: a preocupação para com os recursos hídricos, em escala global, se consolidou no que já está reconhecido como **“a crise da água”**.
- Quem mais sofre com a diminuição da disponibilidade de água são os **pobres** e o **meio ambiente**.
- **1990 a 2007**: a área global com plantações florestais aumentou em 42%, atingindo 139,1 Mha (3,5% da área plantada total) (FAO, 2005).
- Plantações florestais: a alta produção de madeira está associada a uma alta demanda de água



Por que apenas o Setor Florestal?

- Muitas atividades humanas afetam os recursos hídricos, frequentemente de forma muito mais intensa:
 - irrigação,
 - extração de água subterrânea,
 - represamentos em propriedades rurais, degradação do solo,
 - urbanização,
 - mudanças climáticas,
 - manejo inadequado, etc.









... para os pecuaristas...

X





Plantações florestais, por várias razões, são muito visíveis e visadas. Politicamente, é mais fácil de serem questionadas. “Injustiça social” (?): excesso de regulamentação sobre o setor x ausência do mesmo “rigor” para com as outras atividades, principalmente a agricultura.

- **“O eucalipto seca o solo?”**
- **“Secou minha nascente!”**
- **“O eucalipto vai fazer o Jequitinhonha de São Paulo!”**
- **“O estado do Espírito Santo vai se tornar um imenso deserto verde”**
- **“Tenebroso anúncio de massivas plantações de eucalipto!”**
- **Projetos de Lei em Assembleias Legislativas.**
- **As mulheres da via campesina!**
- **“Nós não comemos eucalipto”**



Fundamentos científicos!

- Hidrologia florestal, manejo da paisagem, propagação dos efeitos a jusante.
- **Hidrologia florestal:** plantações florestais usam mais água: < vazão, < escoamento superficial, < recarga do aquífero; espécies florestais de rápido crescimento usam mais água do que spp de crescimento mais lento; áreas ripárias, espaçamento; efeitos = f(solo e clima). Portanto: não é possível uma teoria geral.
- **Manejo da paisagem:** plantações em áreas degradadas e/ou área de pastagens. > consumo de água + benefícios (>infiltração, < erosão) (f = resiliência do solo).
- **Propagação dos efeitos:** 1 – 20% da área da bacia não há impactos

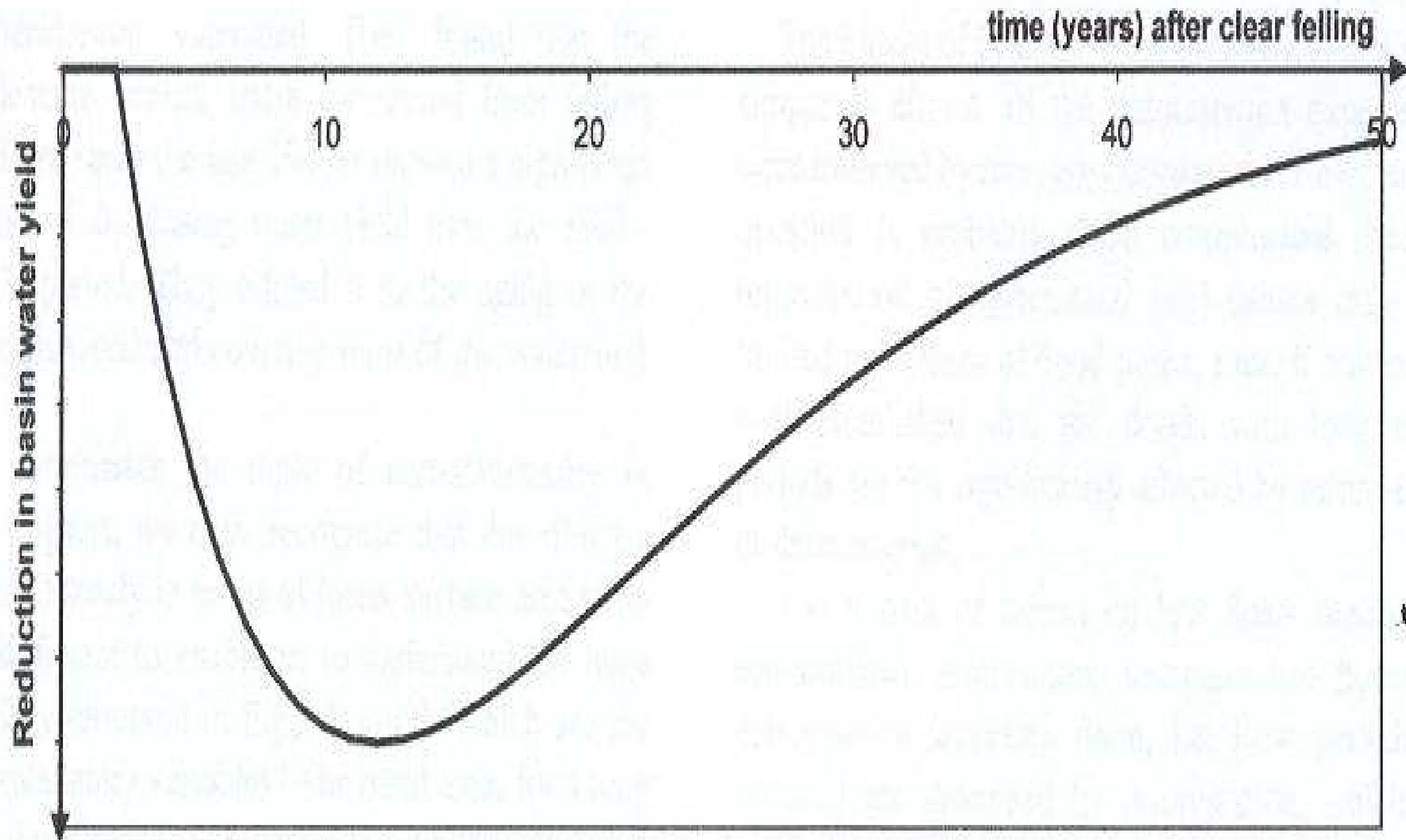
- Swank & Miner (1968): floresta natural x plantação de *Pinus* (- 94mm, 10 anos)

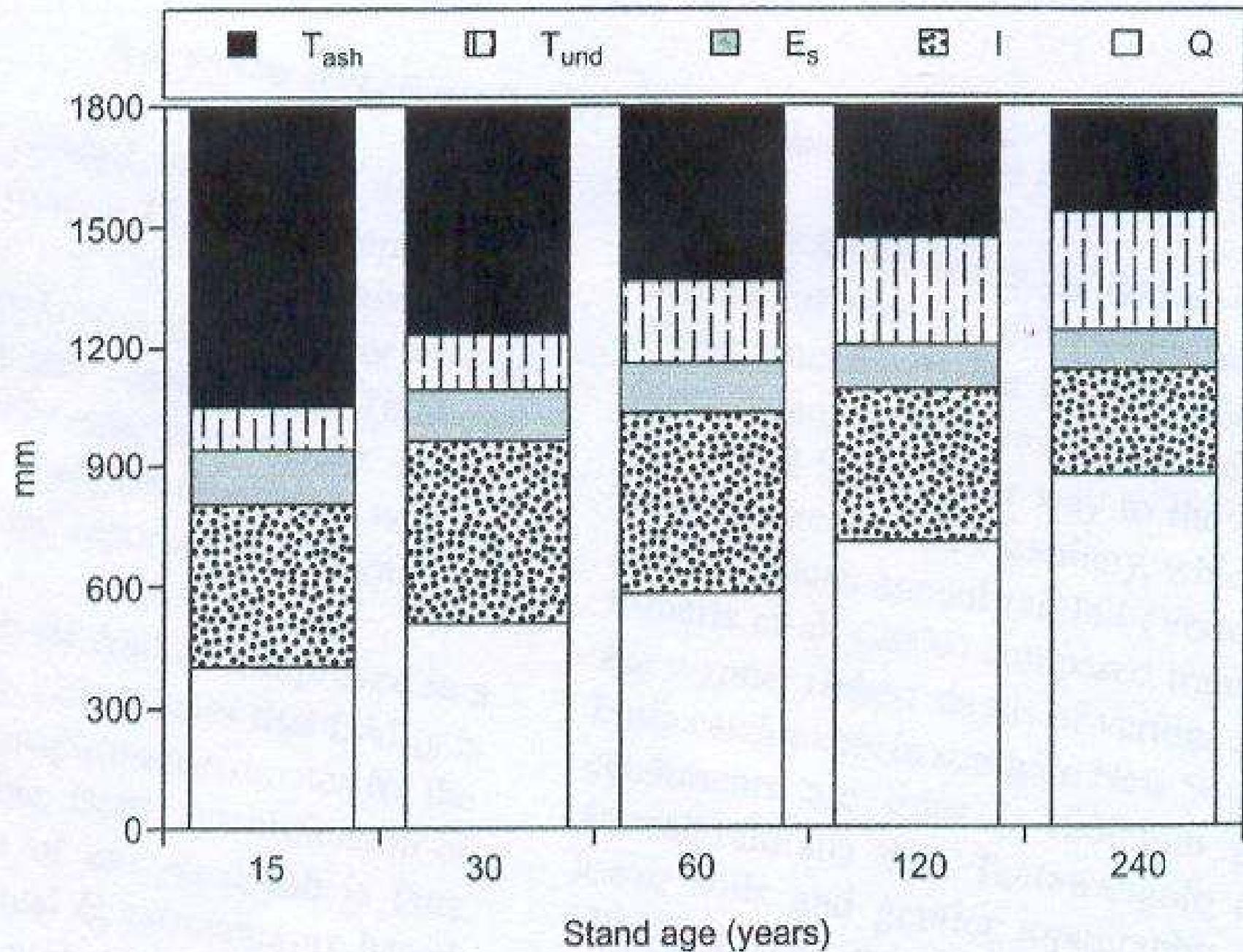


- Austrália: incêndio em florestas naturais de *E. regnans* (Kuczera, 1987 e Vertessy et al, 2001)

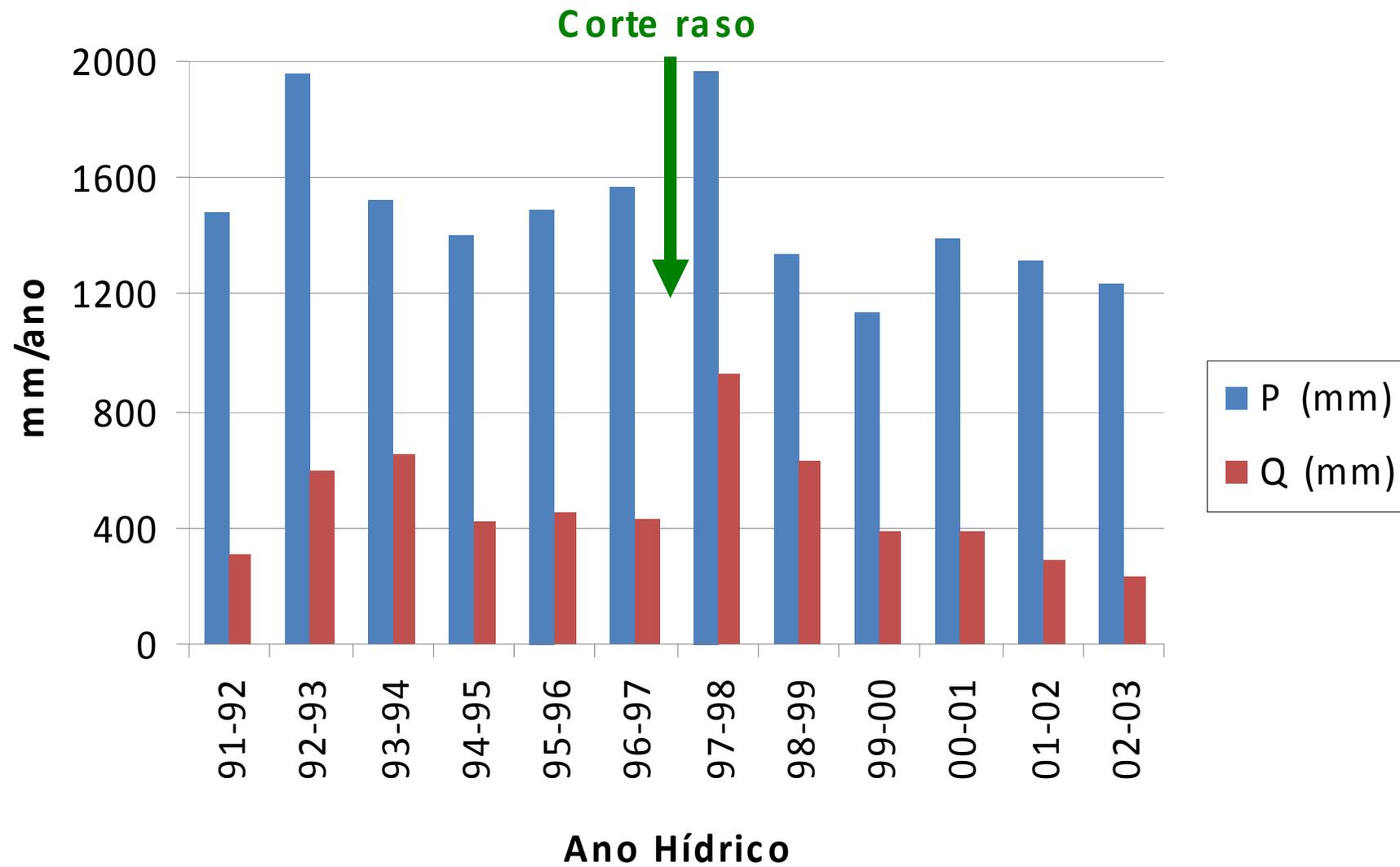


“O efeito plantação”!





Itatinga: Região do Planalto Paulista



Acúmulo de evidências

- Hibbert (1967): o corte raso de florestas aumenta e o reflorestamento diminui a vazão em microbacias
- Efeitos altamente variáveis e imprevisíveis
- **Nos últimos 25 anos e nos últimos 5 anos**
- Bosch & Hewlett, 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**,55: 3-23.
- Análise global de mais de 90 microbacias experimentais:
 - - **reflorestamento** diminui a vazão
 - - desmatamento aumenta a vazão
 - - resultados são variáveis e, frequentemente, imprevisíveis



Últimos 5 anos

- Hopmans & Bren, 2007. Long-term changes in water quality and solute exports in headwater streams of intensively managed radiata pine and natural eucalypt forest catchments in south-eastern Australia.
- Tetzlaff et al., 2007. Influence of forestry, environmental change and climatic variability on the hydrology, hydrochemistry and residence times of upland catchments.
- Van Dijk & Keenan, 2007. Planted forests and water in perspective.
- Brown et al., 2007. Predicting the impact of plantation forestry on water users at local and regional scales.
- **Calder, I.R., 2007. Forests and water: ensuring forest benefits outweigh water costs.**
- Dye & Versfeld, 2007. Managing the hydrological impacts of South African plantation forests: an overview.
- **Almeida et al., 2007. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production.**
- **Narasimhan, T.N., 2008. Water, law, science.**



Zhang et al, 2001: dados de mais de 250 microbacias no mundo todo:

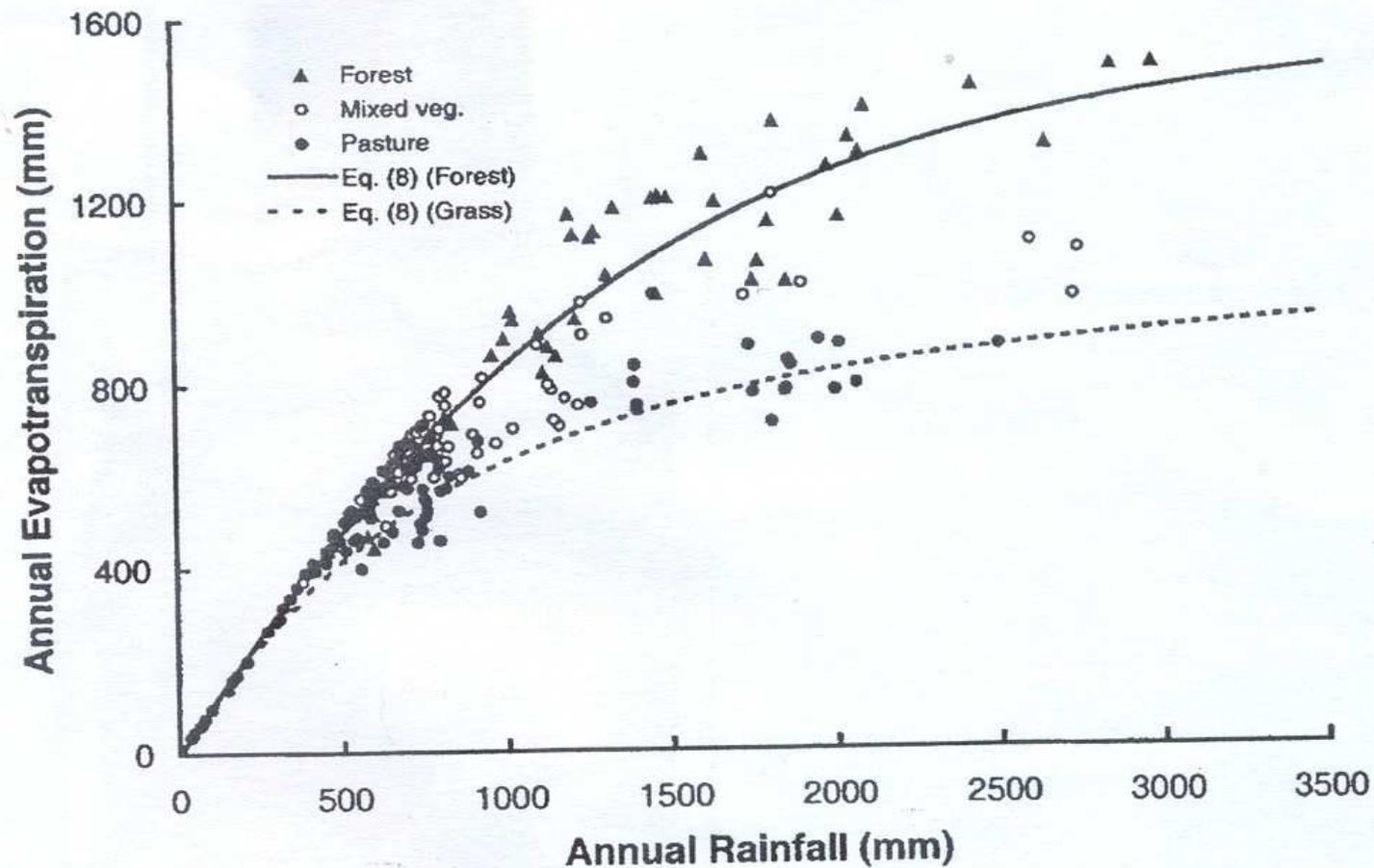
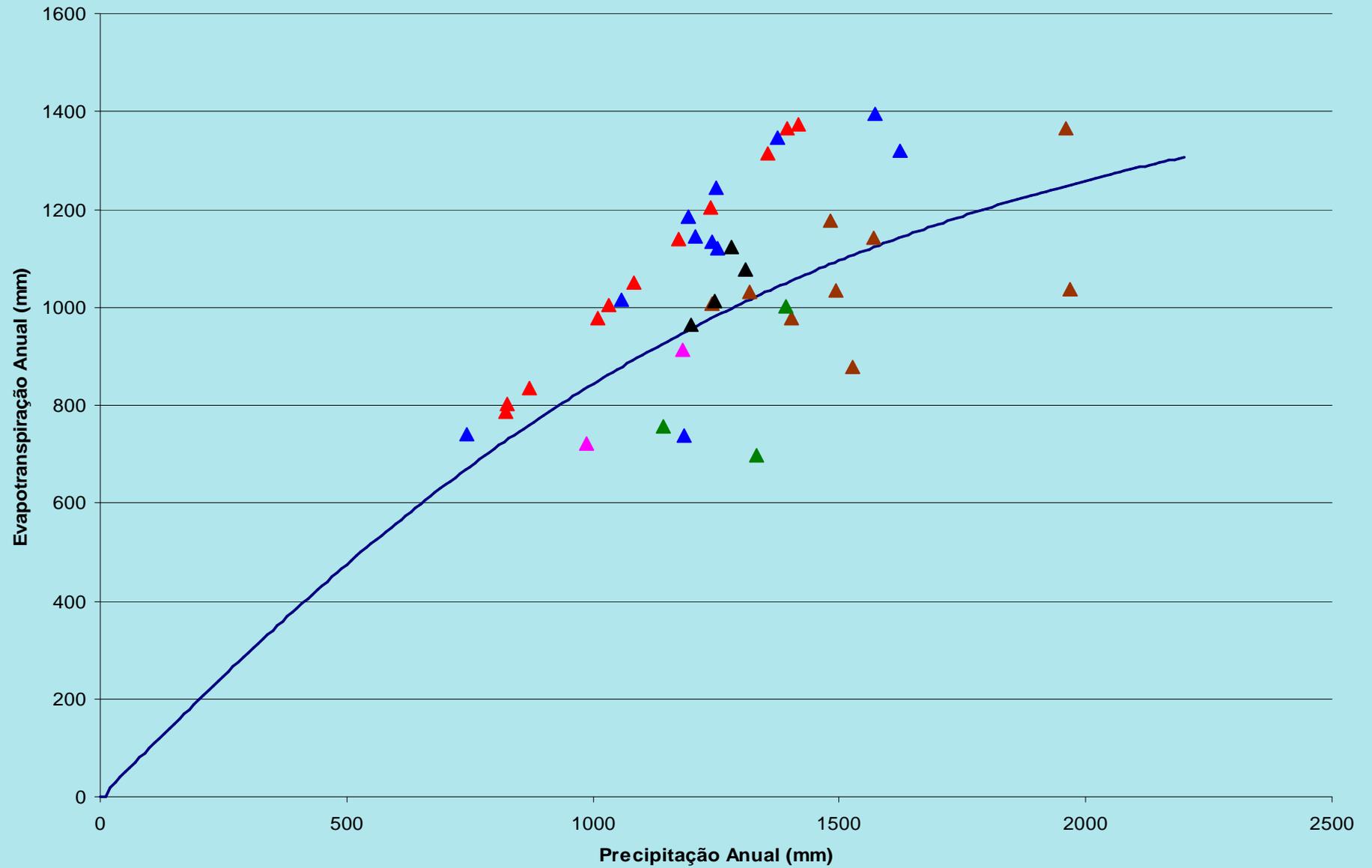


Figure 9. Relationship between annual evapotranspiration and rainfall for different vegetation types.



— Zhang ▲ Itatinga-SP ▲ Itatinga_pós ▲ Alagoinhas-BA ▲ Santa Branca-SP ▲ Luís Antônio-SP ▲ Aguaí-SP

Mas a polêmica continua!

- **Críticas, artigos, campanhas, opiniões, projetos de lei, proibições, etc**
- **Paradoxo!**
 - Mais pesquisas?
 - “Resposta errada para a pergunta certa”?
- **Mudança no enfoque da relação plantações florestais x água ?**



Por que a pesquisa científica não consegue eliminar essas inquietudes?

- Natureza dos problemas ambientais:
 - Complexidade
 - Relacionados com aspectos sociais e culturais
 - Consumo de água: somente uma parte de um problema maior
 - O que está acontecendo com nossa água?
- Consumo de água:
 - “QUANTO?” X “COMO?”
 - “Consumo é igual ao de outra espécie florestal”
 - “Consumo está além ou dentro das possibilidades do meio



Almeida et al., 2007
Growth and water balance of *E.grandis*
plantations

- Monitoramento em uma microbacia experimental e modelagem ecofisiológica durante 6 anos (1996-2004) no Espírito Santo
- $P = 1147$ mm; $ET = 1092$ mm (95%)
- $ET: T = 885$ mm; $I = 121$ mm; $E_o = 85$ mm
- “**Plantações de híbridos de *E. grandis* no Brasil em termos médios consomem água de acordo con sua disponibilidade” (???)**



Mas será que é esta a resposta que estamos precisando?

- Versfeld (1996): “não é mais necessário fazer pesquisas para provar que as plantações florestais consomem água. O mais sensato agora é buscar soluções para os conflitos”
- Conflitos (?): aumento da demanda de água; reconhecimento de usuários antes não considerados; diminuição da disponibilidade
- No trabalho citado anteriormente:
 - Ciência: “Está vendo, não consome toda a água!”
 - Sociedade: “Puxa, consumiu quase tudo!”
 - Manejo: medidas adaptativas de adequação ao balanço hídrico da microbacia



Como levar a ciência ao manejo florestal?

- **1990 a 2005:** reunião da UNCED no Rio de Janeiro em **1992** – Manejo Florestal Sustentável
- MFS: produtividade florestal + dimensões ecológicas e sociais (biodiversidade, solos, água e comunidades locais) = **complexidade**
- MFS = manejo adaptativo
- **1990 a 2005:** Ludwig, **2001**: “A era do manejo acabou”. No existe receita, nem tampouco especialista.
- MFS: é mais importante o que fica no campo do que o que dele é extraído.
- Monitoramento = processo integrante do conceito de MFS, para implementar o manejo adaptativo.

Manejo de Plantações Florestais

- Objetivo principal:

PRODUTIVIDADE FLORESTAL





Manejo **Sustentável** de Plantações Florestais

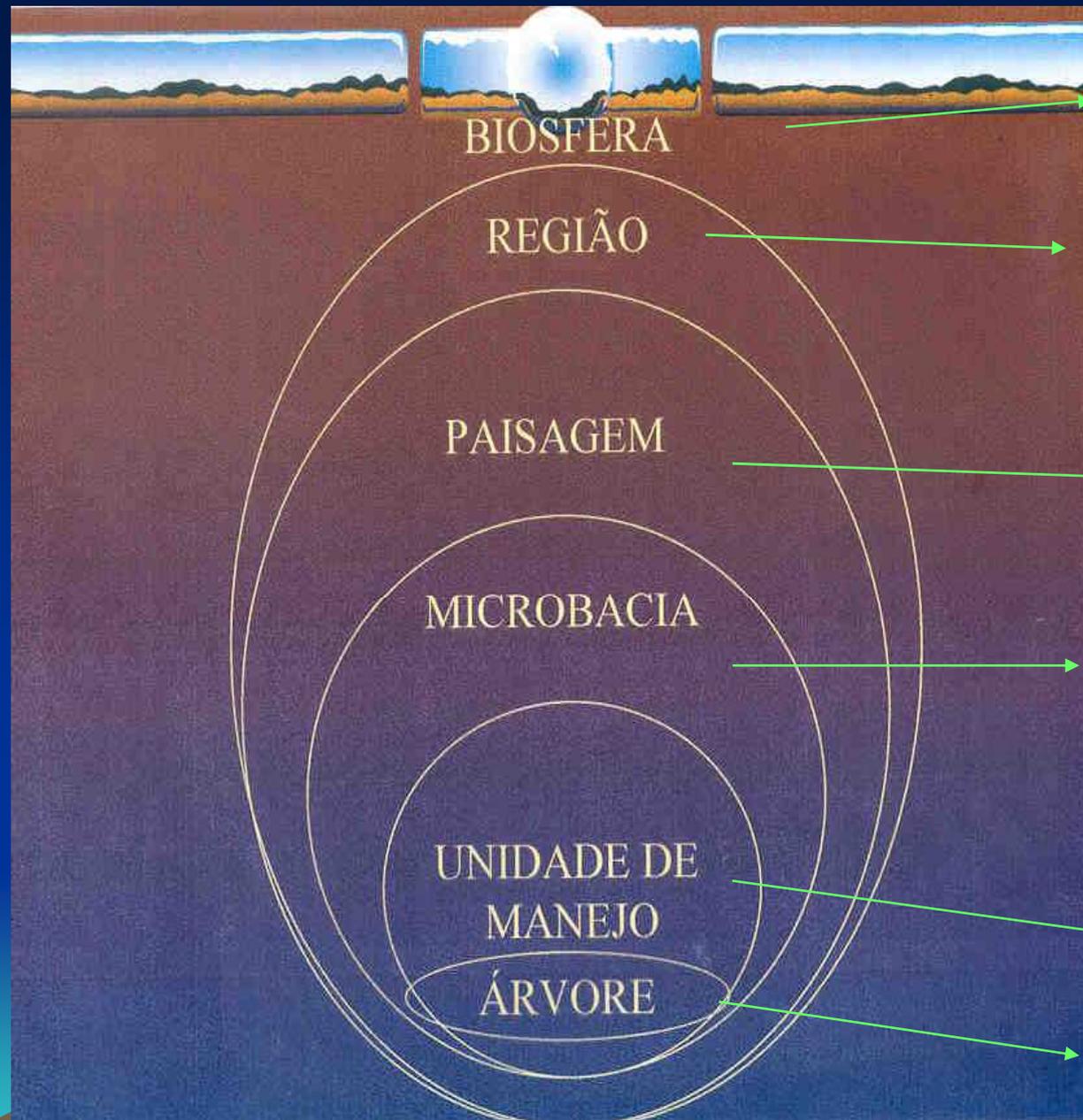
- PRODUTIVIDADE FLORESTAL

+

- Conservação da biodiversidade
- Comunidades locais
- Conservação do solo
- Conservação dos recursos hídricos







**Carbono, clima
camada de ozônio**

**O contexto regional :
balanço hídrico, aspectos
sociais e culturais, etc**

Biodiversidade

**A unidade ecossistêmica
da paisagem**

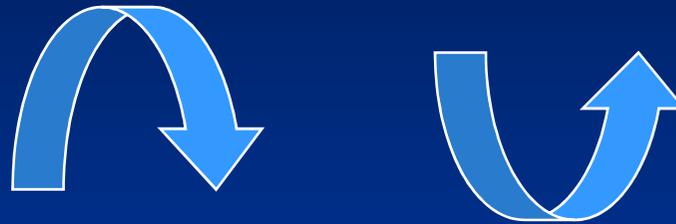
A propriedade rural

A espécie a ser plantada

ESCALA MACRO

Legislação ambiental, Política florestal, Código Florestal,
Política ambiental

**Que políticas podem incentivar o Desenvolvimento
Sustentável?**



ESCALA MICRO

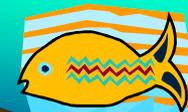
(Unidades de manejo, propriedades rurais,
práticas de manejo, condições do solo,
alteração da paisagem pelo homem: estradas,
desmatamentos, destruição das zonas
ripárias, urbanização, etc)

Saúde hidrológica das microbacias

**Como manejar sustentavelmente os
Recursos Naturais?**



**Recursos
Hídricos**



ESCALAS DA SUSTENTABILIDADE HIDROLÓGICA

NACIONAL

REGIONAL

UMF

-Disponibilidade de água
-Precipitação
-Evapotranspiração potencial
-Balanço hídrico climático
-Legislação ambiental
-Produtividade do solo

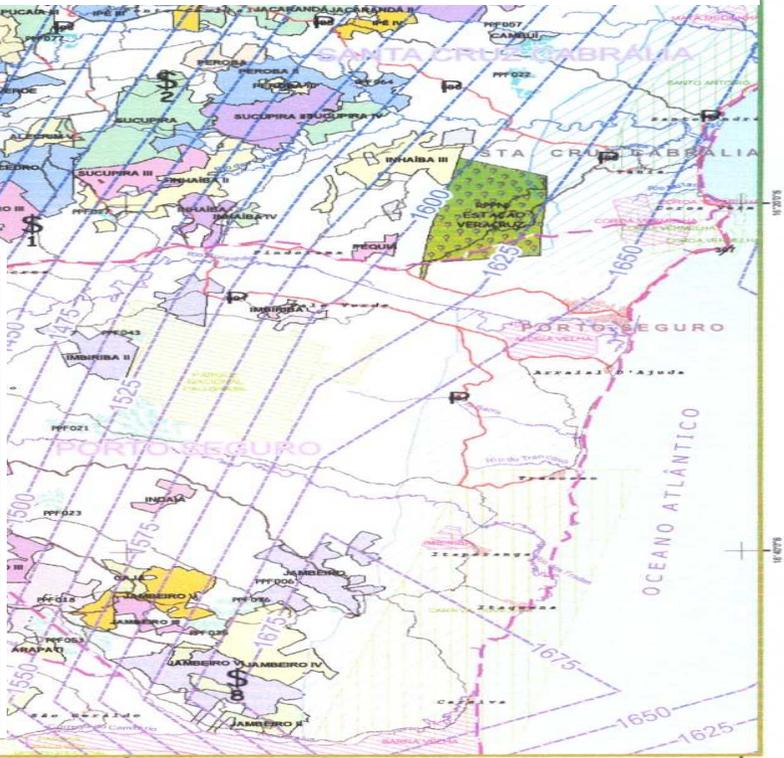
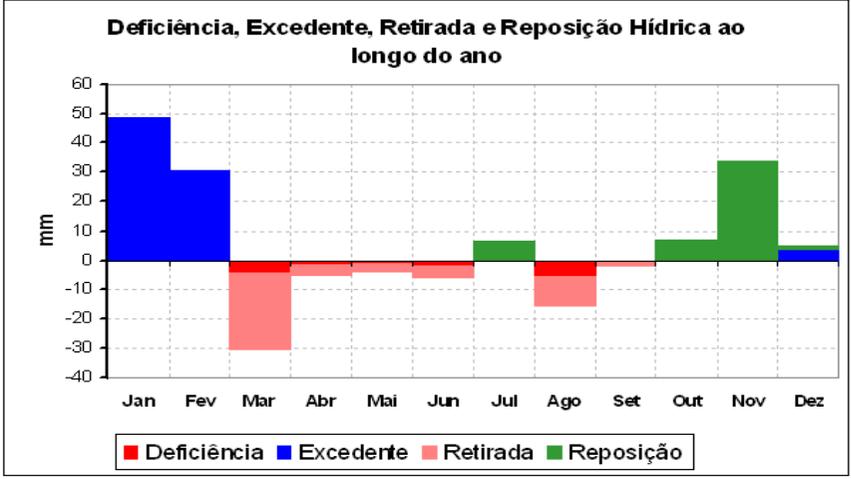
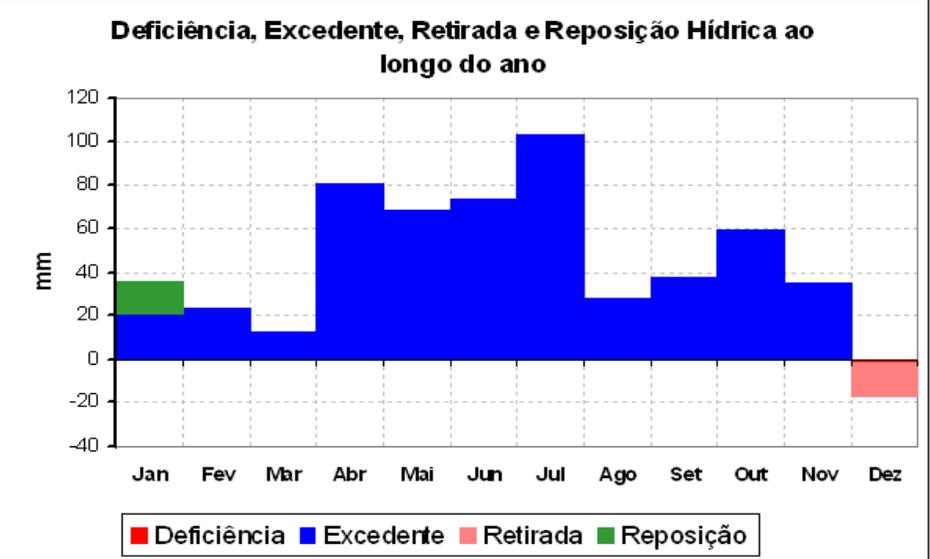
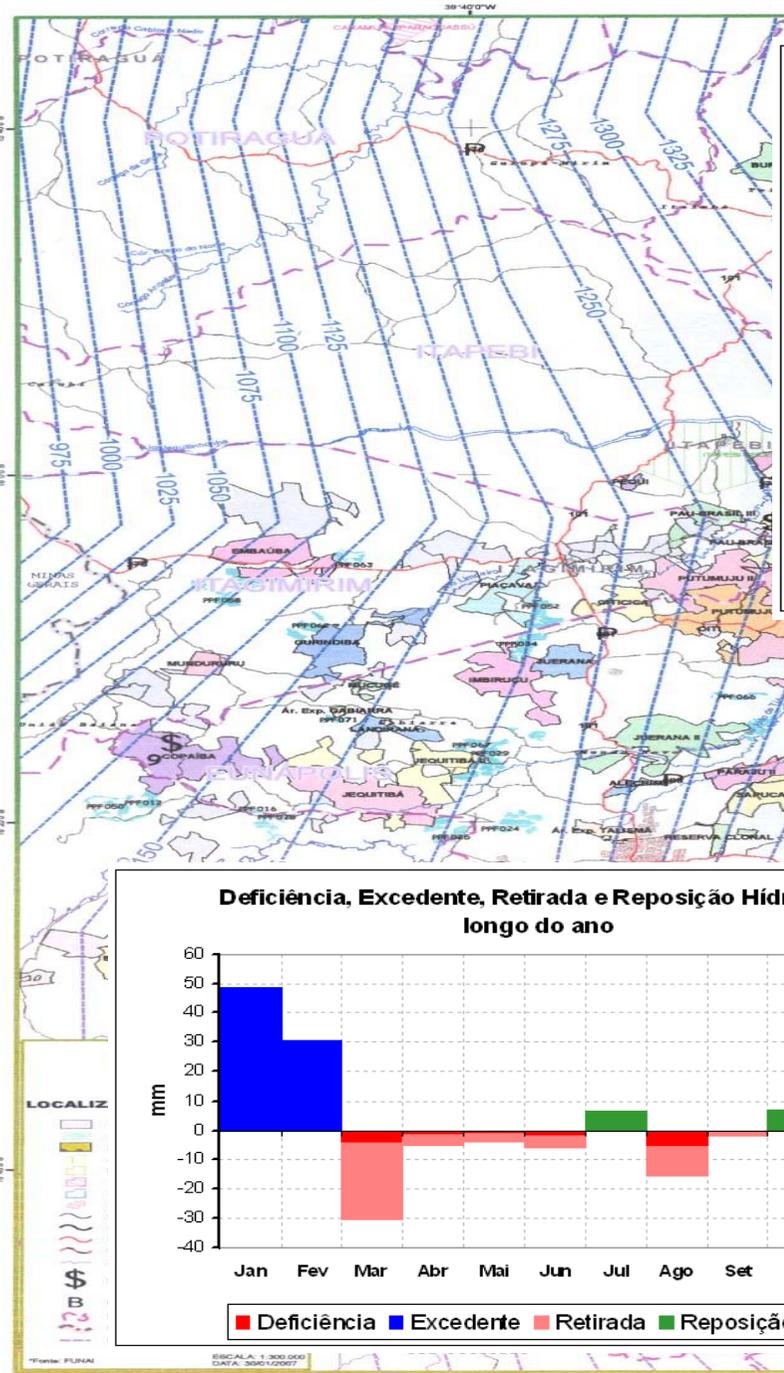
• **Saúde da microbacia**
- Demanda de água
- Balanço hídrico
- Regime de vazão
- Assoreamento
- Ecossistema aquático

• **Planejamento de uso**
- desenho das estradas
- áreas ripárias (mata ciliar)
- Hidrologia do solo
- Especificidades locais

Práticas de manejo adaptativo de florestas plantadas

-Espécies
-Espaçamento
-Ciclo de rotação
-Proteção da superfície do solo
-Colheita florestal

Uma forma integrada para a análise das diferentes escalas envolvidas na conservação do solo e da água para orientar a busca do manejo sustentável de florestas plantadas



Fuente: FUNAI

ESCALA: 1:300.000
DATA: 30/01/2007

Calder, I.R., 2007

Ensuring forest benefits outweigh water costs

$P > E$ = “+green water”; $Q_s > Q_m$ = “+blue water”

Q_s =fluxo superficial; Q_m =vazão mínima permitida

$P < E$, $Q_s > Q_m$

- Green: reduzir área com floresta plantada
- Blue: melhoria das condições de conservação do solo e de estruturas de retenção de água beneficia apenas localmente, às expensas de usuários a jusante

$P > E$; $Q_s > Q_m$

- Green: > área com florestas plantadas;
> área com irrigação
- Blue: benefícios ainda maiores com medidas de melhoria da conservação do solo e de estruturas de retenção de água

$P < E$; $Q_s < Q_m$

- Green: restrições para a formação de florestas plantadas e irrigação
- Blue: Poucos benefícios com medidas adicionais de conservação do solo e de estruturas de retenção de água

$P > E$; $Q_s < Q_m$

- Green: Ok para florestas plantadas
- Ok para irrigação
- Blue: nenhum ganho adicional com medidas de melhoria das condições de conservação do solo e de estruturas de retenção de água

Farley et al., 2005

Effects of afforestation on water yield: global synthesis

- 26 conjuntos de resultados de microbacias experimentais, totalizando 504 observações.
- Eucalyptus reduz mais o deflúvio do que Pinus (75% e 40%, respectivamente).
- Redução do deflúvio aumenta com o crescimento da plantação, mas tende a retornar ao equilíbrio em idades mais avançadas.
- Em regiões onde o deflúvio médio anual é menor do que 10% da precipitação média anual, o riacho pode secar.
- Onde o deflúvio médio anual é em torno de 30% da precipitação, a redução esperada é de cerca de 50%.



Mata Atlântica – Sul da Bahia

Balanço hídrico regional

| P (mm) | ETP (mm) | ETR (mm) | EXC (mm) |
|-------------|-------------|-------------|------------|
| 1252 | 1139 | 1132 | 120 |

Balanço hídrico em microbacia com *Eucalyptus*

| Ano Hídrico Mar. a Fev. | P (mm) | Q (mm) | ET (mm) | ET (%) |
|-------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 06/07 | 1616 | 129 | 1487 | 92 |
| 07/08 | 1478 | 86 | 1392 | 94 |
| 08/09 | 1043 | 58 | 984 | 94 |
| média | 1379 | 90 | 1289 | 94 |

Balanço hídrico em microbacia com Mata Atlântica

| Ano Hídrico Mar. a Fev. | P (mm) | Q (mm) | ET (mm) | ET (%) |
|-------------------------|-------------|------------|------------|-----------|
| 08/09 | 1063 | 109 | 953 | 90 |

Balanço Hídrico Regional: Floresta Araucária -Paraná

| P (mm) | ETP (mm) | ETR (mm) | EXC (mm) |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1629.2 | 861.56 | 861.6 | 767.6 |

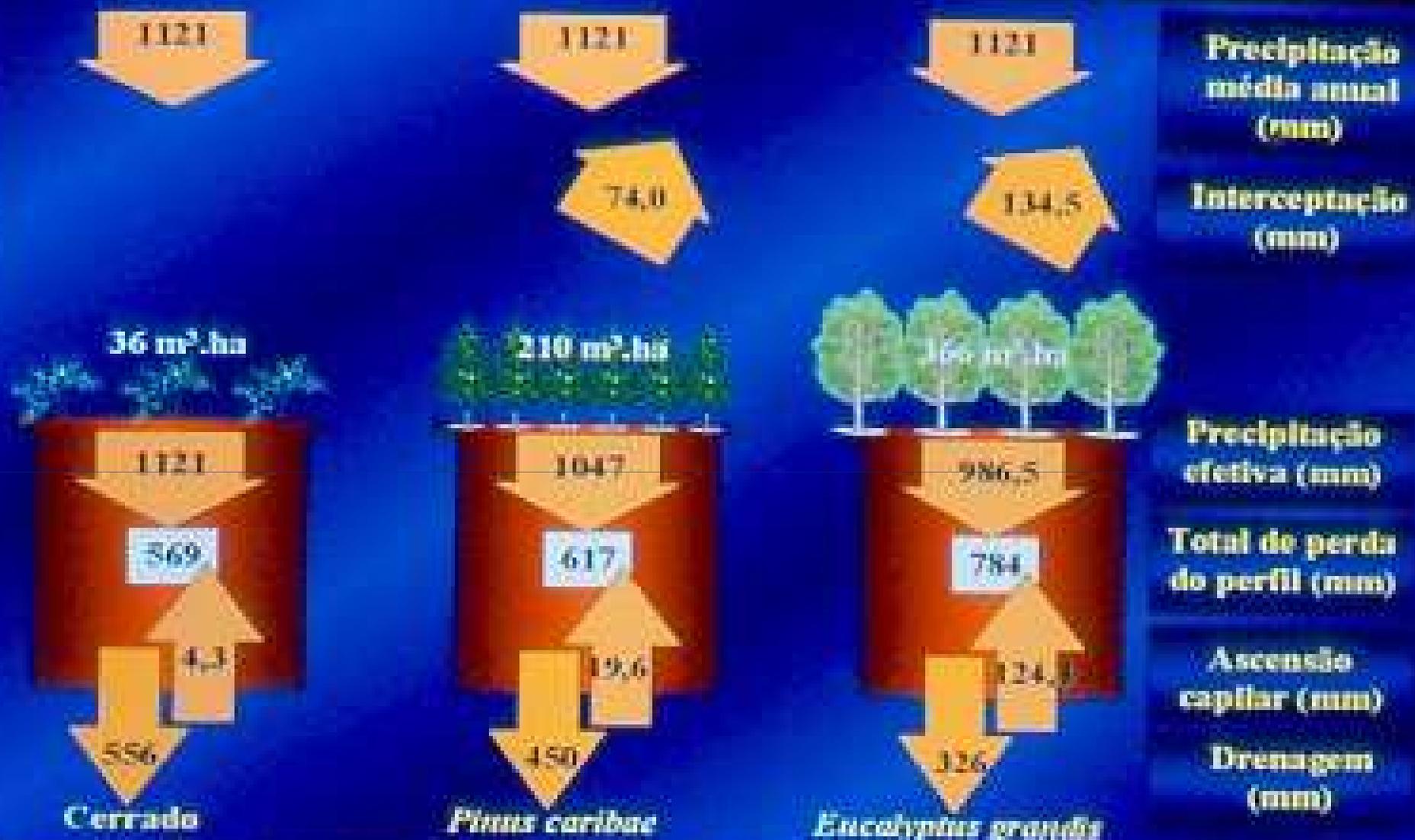
Balanço Hídrico – microbacia pinus

| Ano | P (mm) | Q (mm) | ET (mm) | ET (%) |
|------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 2006 | 1178 | 90 | 1088 | 92 |
| 2007 | 1346 | 78 | 1268 | 94 |
| 2008 | 1634 | 60 | 1573 | 96 |
| média | 1386 | 76 | 1310 | 94 |

Balanço Hídrico – microbacia nativa

| Ano | P (mm) | Q (mm) | ET (mm) | ET (%) |
|------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 2006 | 1136 | 132 | 1004 | 88 |
| 2007 | 1140 | 128 | 1012 | 89 |
| 2008 | 1624 | 173 | 1450 | 89 |
| média | 1300 | 145 | 1155 | 89 |

Cerrado



Esquema dos componentes do balanço hídrico do solo em plantações de eucalipto e pinus (idade de 5 anos), e de parcela adjacente contendo cerrado (LIMA *et al.* 1990).

Pampas

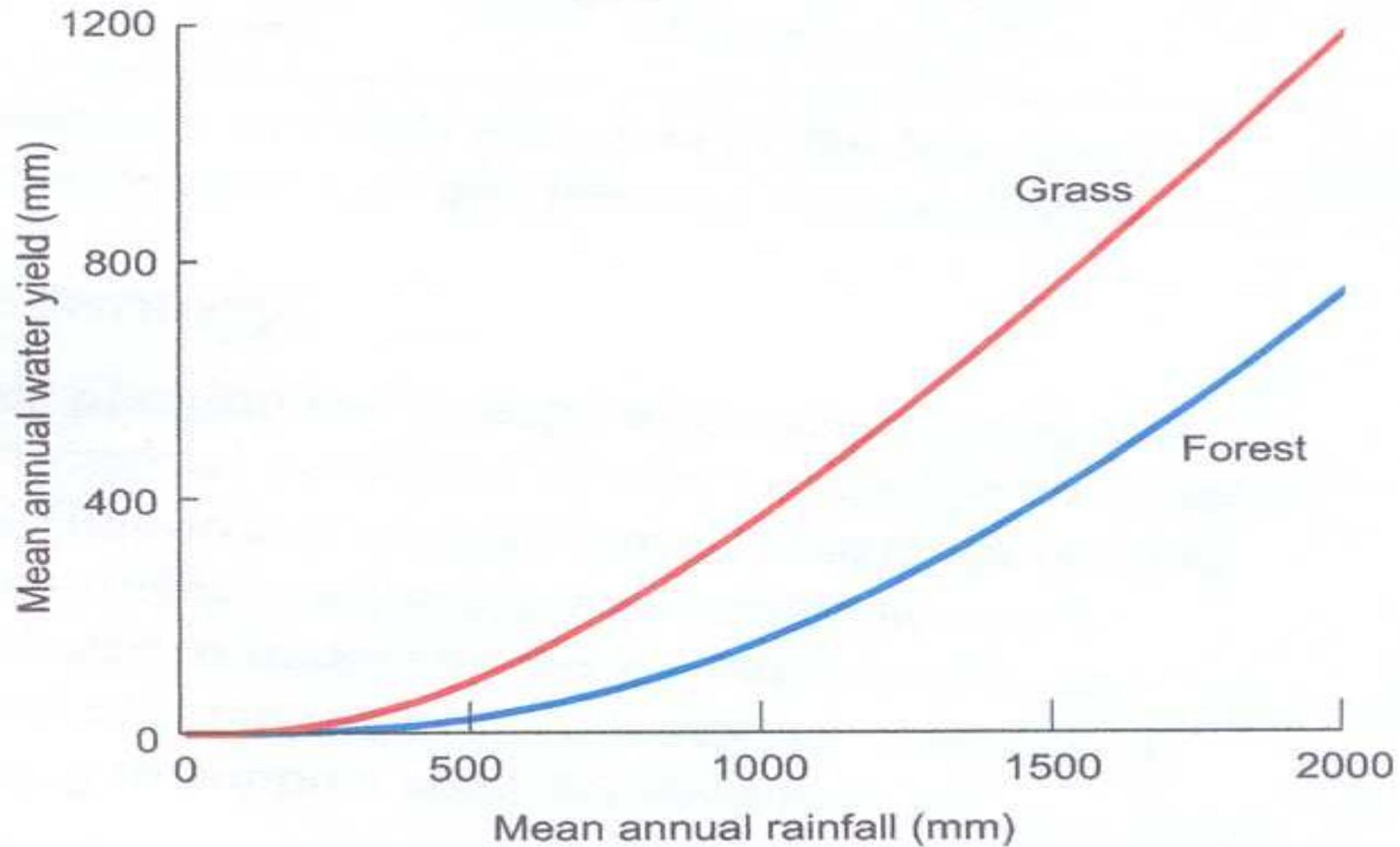


Figure 1. The Zhang curves are simple relationships between annual rainfall and water yield for different vegetation types.

Variação dos componentes do balanço hídrico em plantação de *Pinus radiata* com idade de 11 anos , na Nova Zelândia, de forma comparativa antes e depois da realização de desbaste (Whitehead & Kelliher, 1991).

| Componente do balanço hídrico | Antes | Depois |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Precipitação (P) | 1623 mm (100%) | 1623 mm (100%) |
| Transpiração (Et) | 636 mm (39%) | 410 mm (25%) |
| Interceptação (Ei) | 268 mm (17%) | 195 mm (12%) |
| Evaporação direta do solo (Eo) | 93 mm (6%) | 191 mm (12%) |
| Precipitação efetiva (PE) | 626 mm (38%) | 827 mm (51%) |

$$\text{Balanço hídrico: } PE = (P - Et - Ei - Eo) \Delta t$$

Antes do desbaste: 754 árvores/há
 H = 17 m
 IAF = 15.5

Depois do desbaste: 334 árvores/há
 H = 21 m
 IAF = 9.0
 Cobertura do dossel = 46%





Fot. 17 — Aspecto característico de erosão superficial que foi arrastando para o sopé do cabeço a terra arável das elevações, sendo depois esses depósitos coluviais rasgados pelas águas escorrentes que a encosta já não sustêm — Ribeiro da Volta do Serrado — Ilha de Porto Santo, Junho/975.









CONCLUSÃO I: Ciência

- Na escala de microbacias, evidências de que o corte das florestas aumenta e o reflorestamento diminui o deflúvio anual
- Altamente variável (f(chuvas, solos, etc))
- Com relação aos aspectos hidrológicos das plantações florestais:
 - O consumo de água é apenas parte do problema; “quanto” x “como”.
 - Por outro lado, para o alcance da conservação dos recursos hídricos, as plantações florestais são, também, apenas parte do problema;
 - manejo em sintonia com a preservação dos serviços ambientais.



CONCLUSÃO II : Manejo florestal

- Entender os efeitos das mudanças de uso da terra e do manejo de plantações florestais sobre a água é parte da busca do Manejo Florestal Sustentável
- A microbacia possibilita abordar o problema ao nível de paisagem, permitindo analisar e integrar os impactos hidrológicos do manejo de plantações florestais
- Significa mudar o enfoque de manejo do talhão para manejo do ecossistema
- Representa, desta maneira, uma inovação estratégica que incorpora a conservação da água no plano de manejo, realçando:
 - a importância da manutenção da estabilidade hidrológica da microbacia, que é essencial para a conservação da água
 - a necessidade de se analisar os impactos hidrológicos em todas as escalas da sustentabilidade

CONCLUSÃO III: sociedade

- **Ciclo hidrológico: controla todos os processos geológicos e biológicos necessários para a vida.**
- **Crise da água: a solução depende da interação da ciência com a sociedade.**
- **Democracia com “direitos” para democracia com “responsabilidades”.**
- **Dogmas:**
 - **= falsa noção “plantações florestais e água”**
 - **= perpetuação do folclore em torno do eucalipto!**
 - **= tratamento dos sintomas e não das causas da degradação dos recursos hídricos.**





Obrigado!