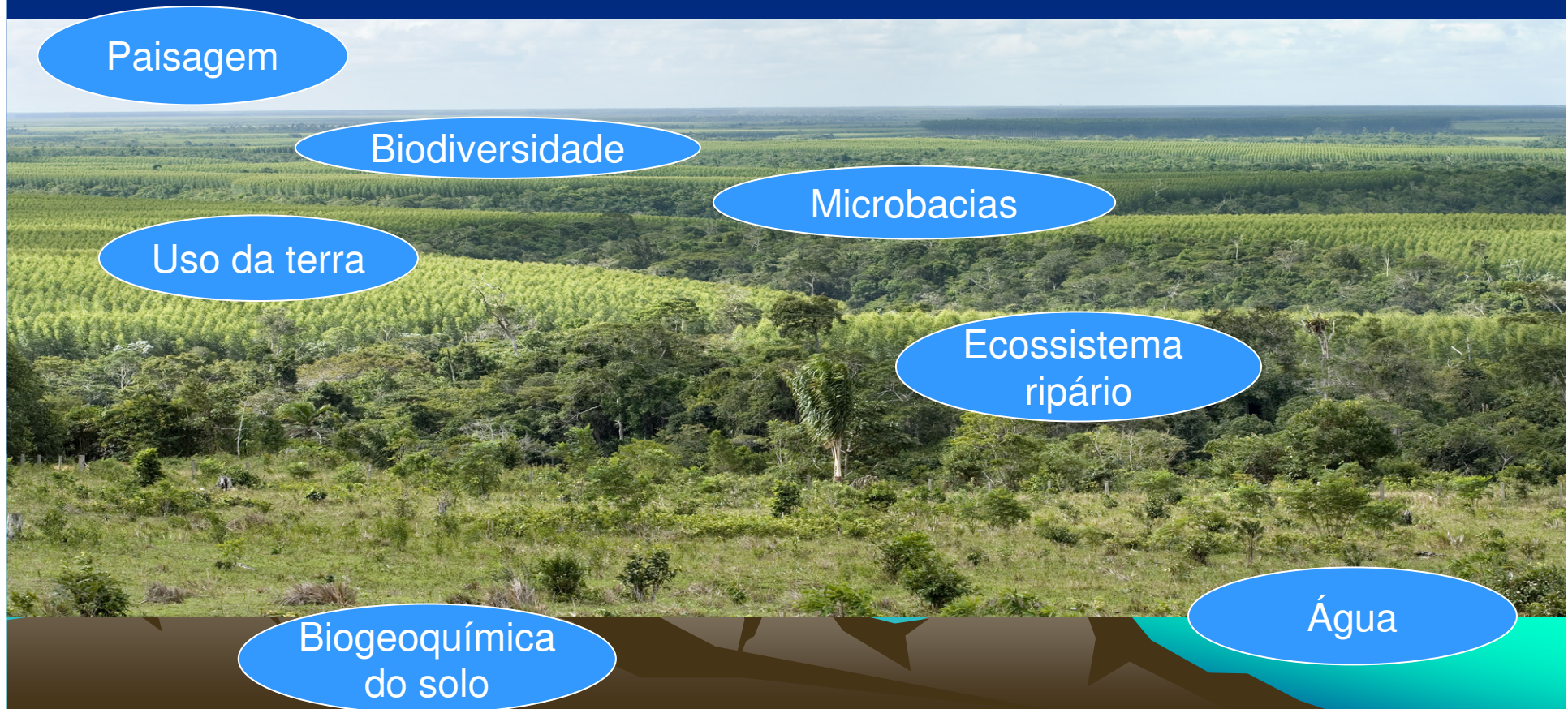


# HIDROLOGIA EM ECOSSISTEMAS DE PLANTAÇÕES FLORESTAIS: CIÊNCIA, DOGMAS E MANEJO

10º Congresso Florestal Estadual e 1º Seminário Mercosul da Cadeia Madeira

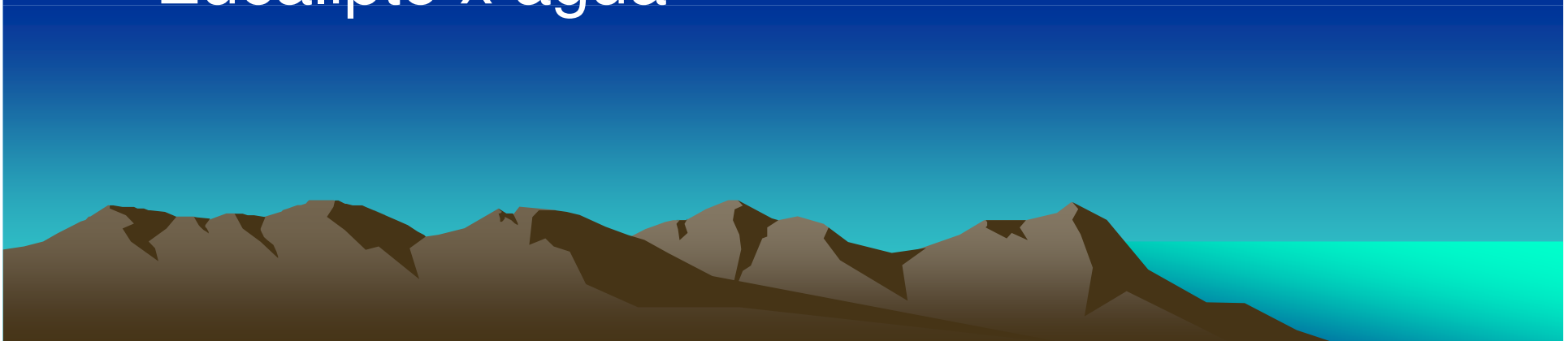
Nova Prata, RS, 19-22 de agosto de 2008

- Walter de Paula Lima



# 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 etc.
- 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.

# **Eucalipto e água: a controvérsia continua viva!**

- “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”



# Santiago



santiago@jornaldocomercio.com.br

Salmos/Espelho da Alma

# 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)

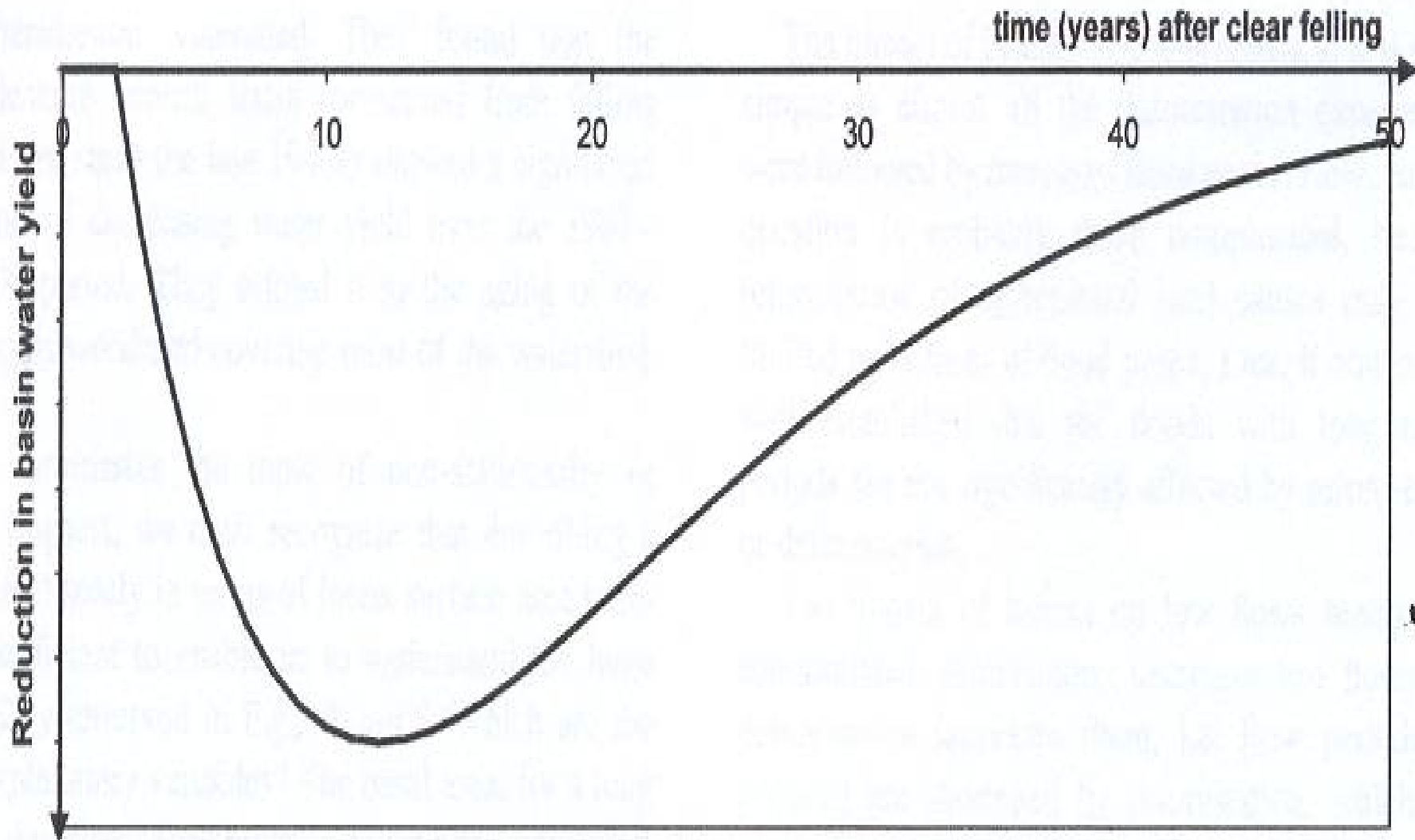


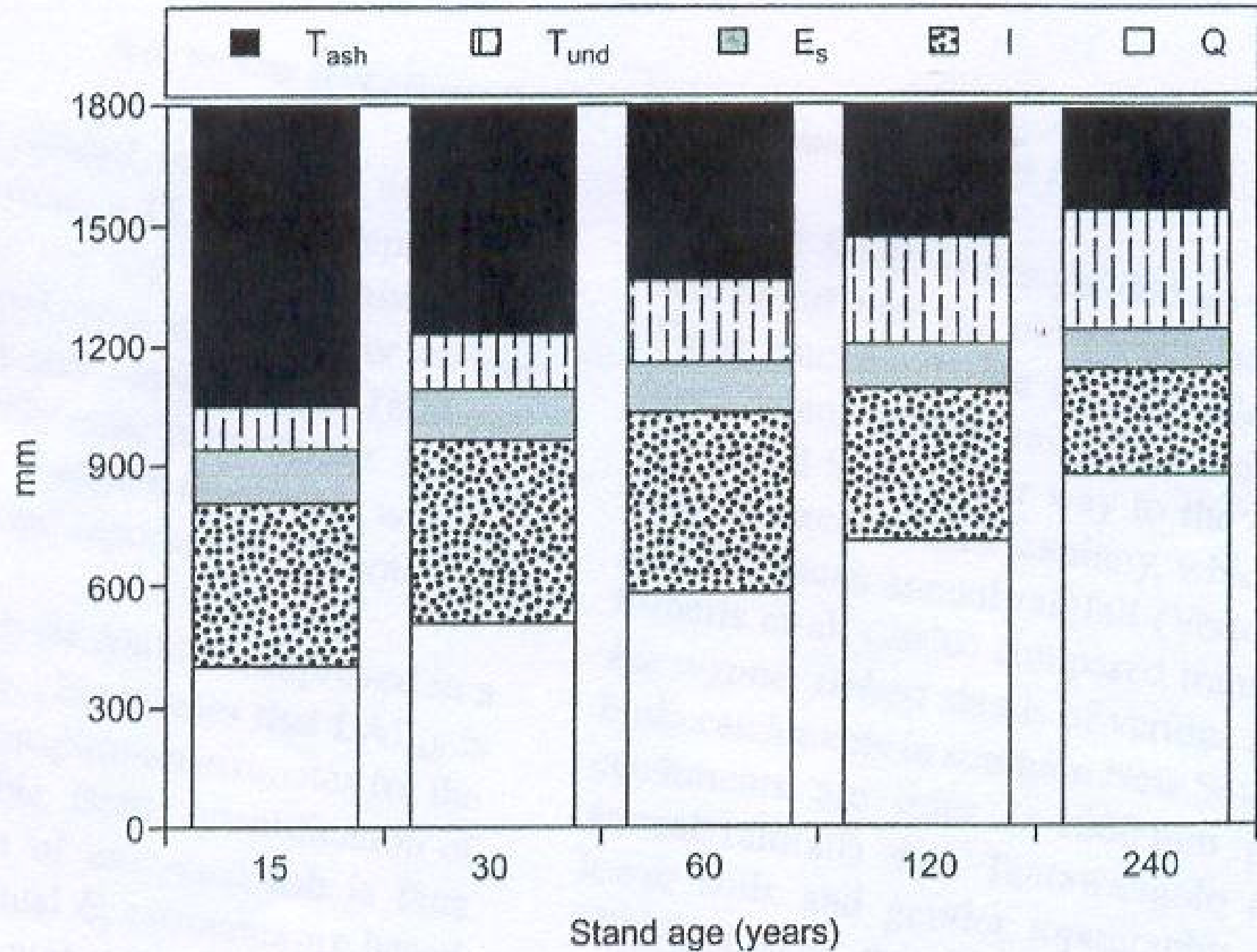


- Austrália: incêndio em florestas naturais de *E. regnans* (Kuczera, 1987 e Vertessy et al, 2001)



# “O efeito plantação”!





# 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:

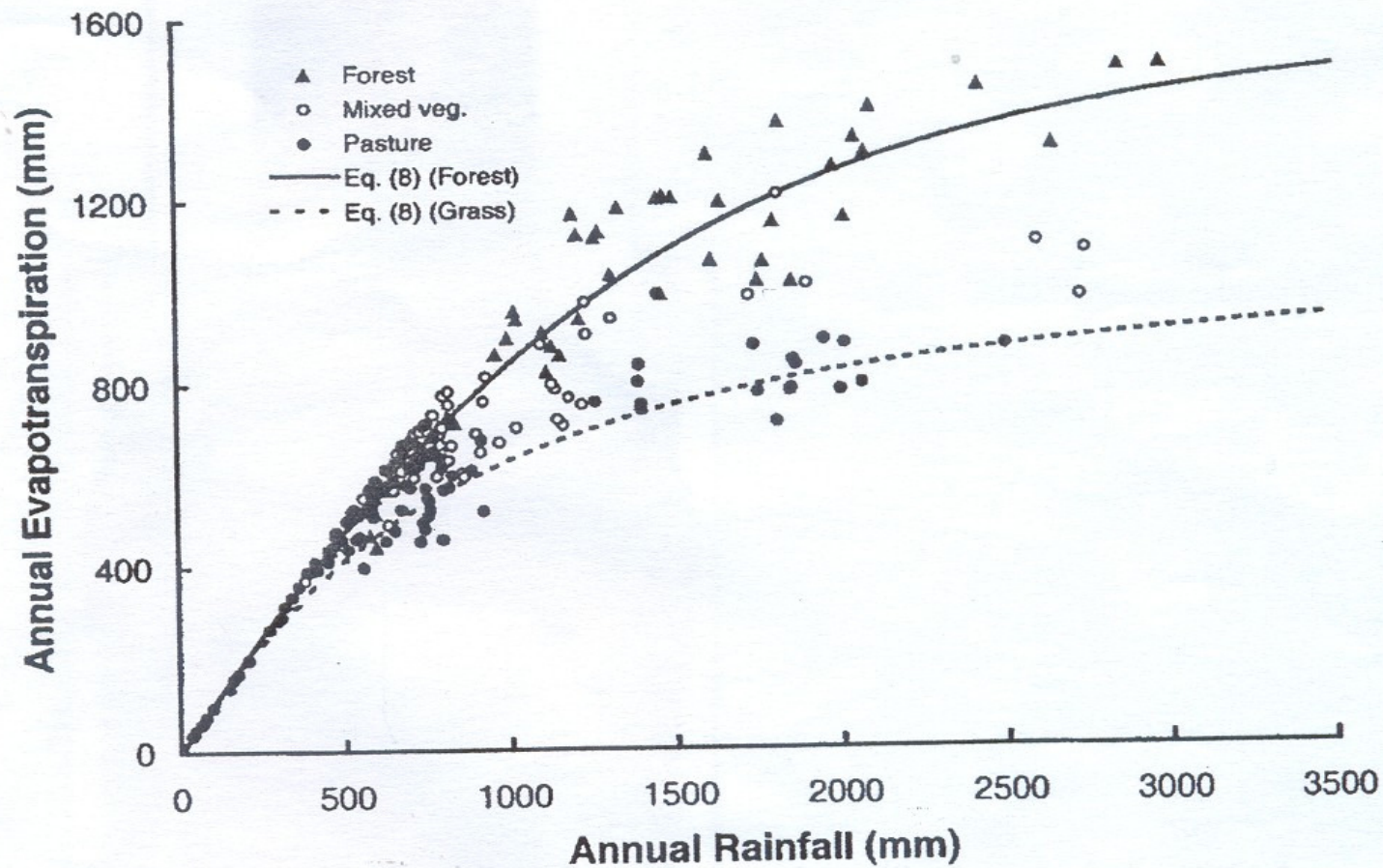
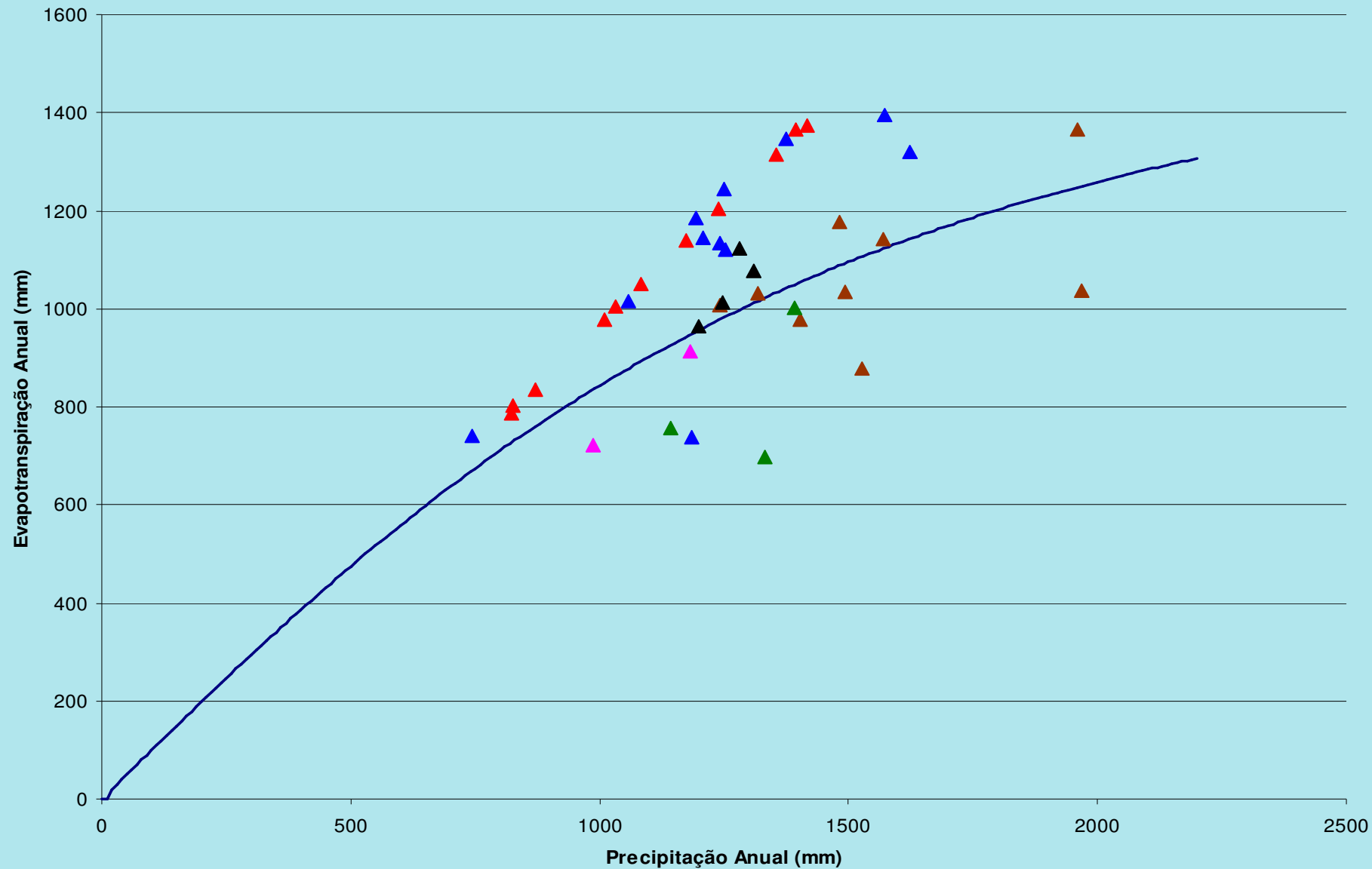
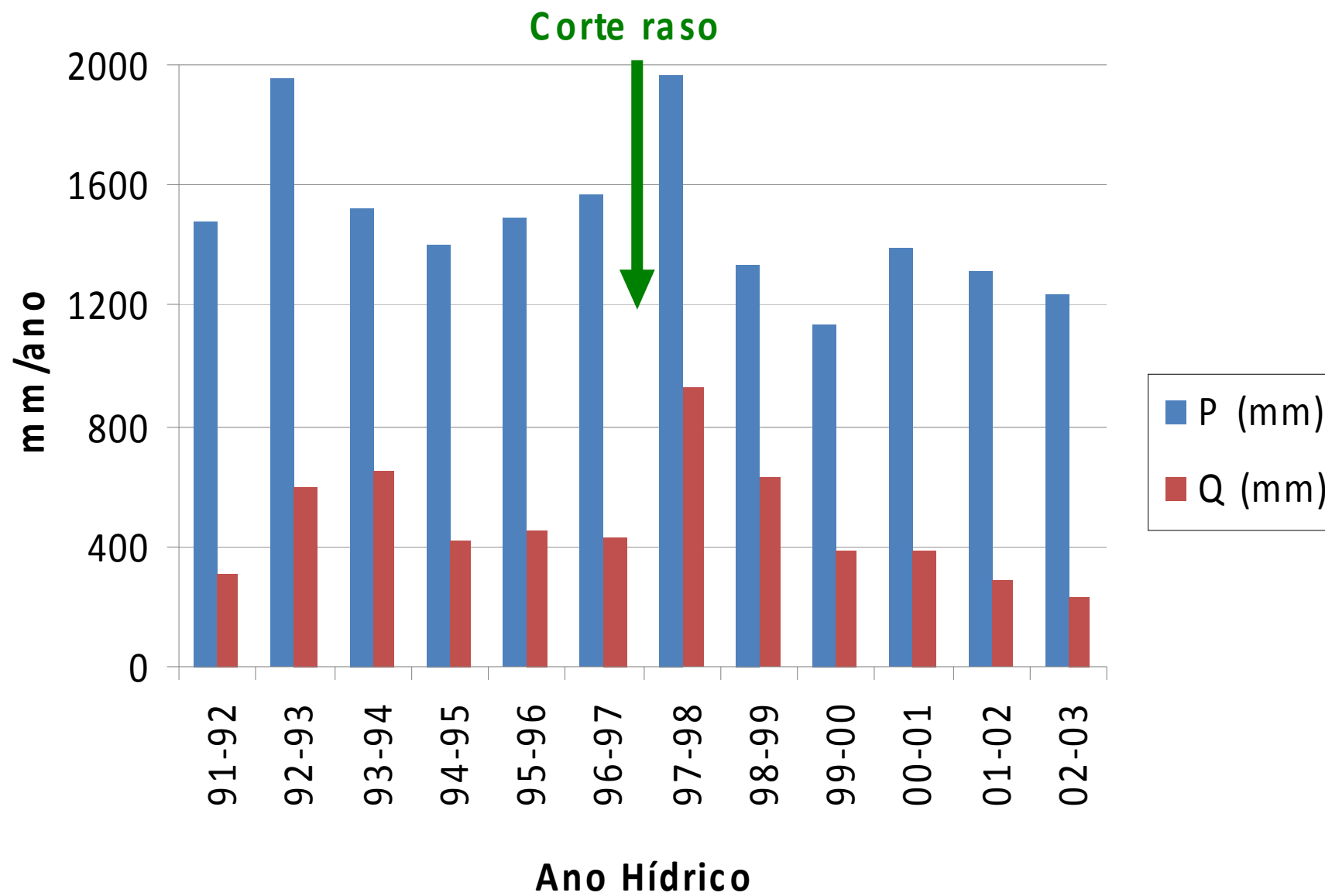


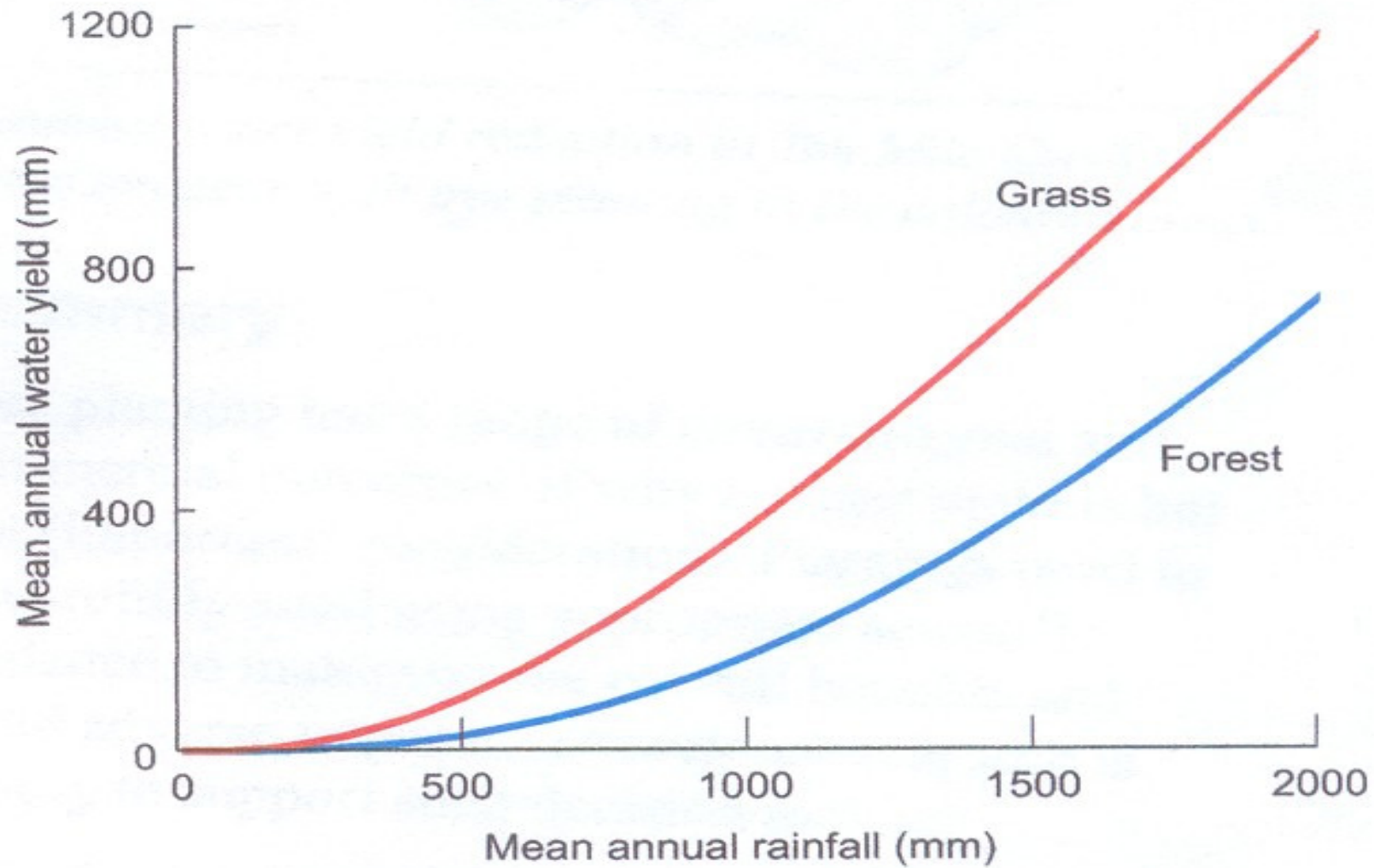
Figure 9. Relationship between annual evapotranspiration and rainfall for different vegetation types.



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







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

# 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



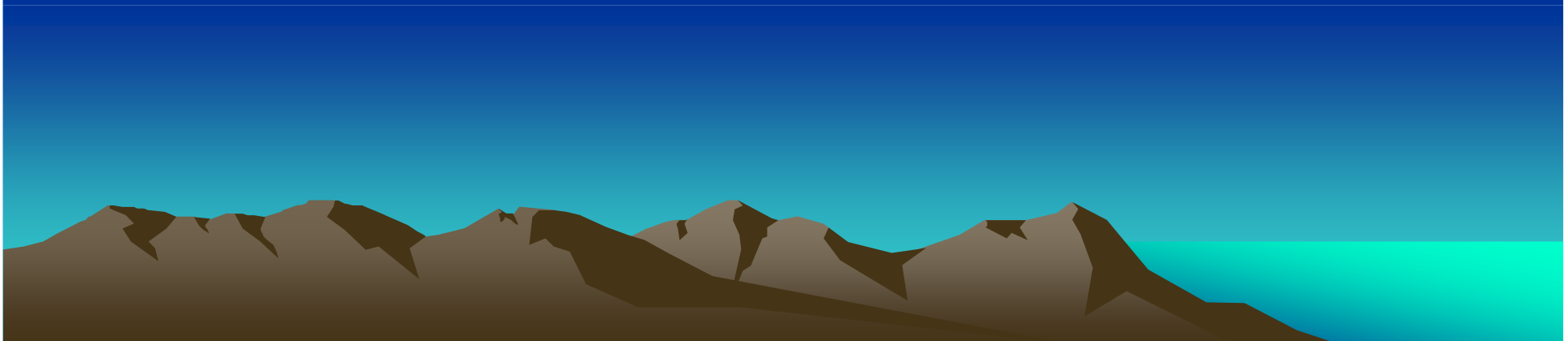
# Como levar a ciência ao manejo florestal?

- **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:

**PRODUCTIVIDADE FLORESTAL**







# Manejo **Sustentável** de Plantações Florestais

- PRODUTIVIDADE FLORESTAL

+

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





**Aspectos Econômicos**

**Aspectos Ecológicos**

**Aspectos Sociais**

**Definição dos objetivos do Plano de Manejo**

**Seleção de Indicadores**

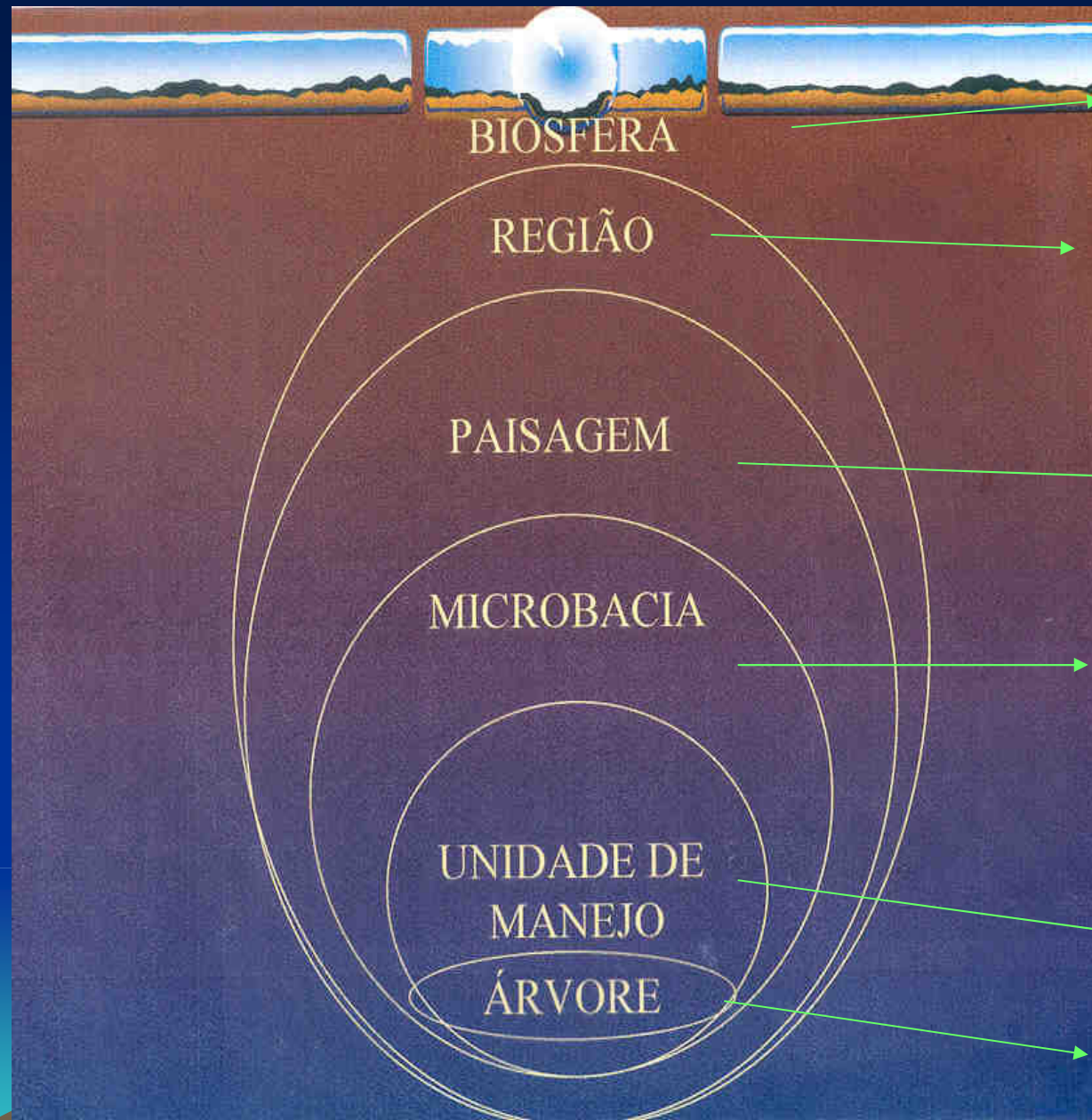
**Práticas de manejo**

**Monitoramento**

**Alterações**

**Teste dos resultados**

**Revisão do plano**



**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**

# ESCALAS DA SUSTENTABILIDADE HIDROLÓGICA

**NACIONAL**

**REGIONAL**

**UMF**

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

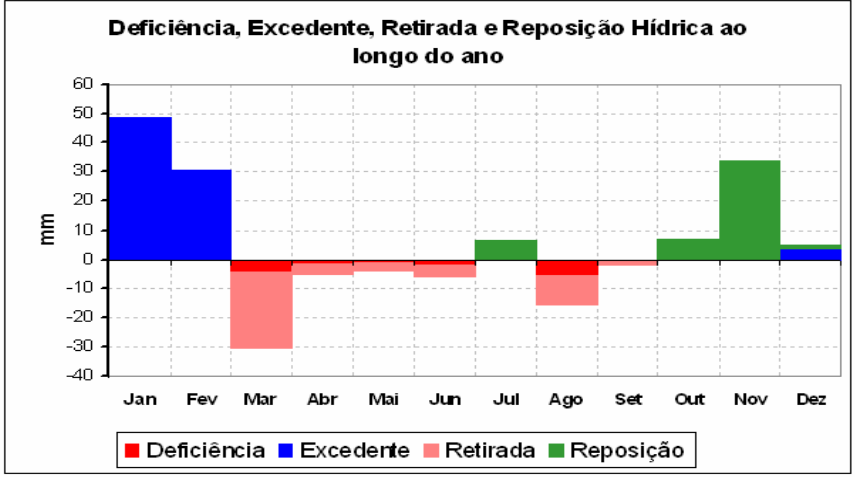
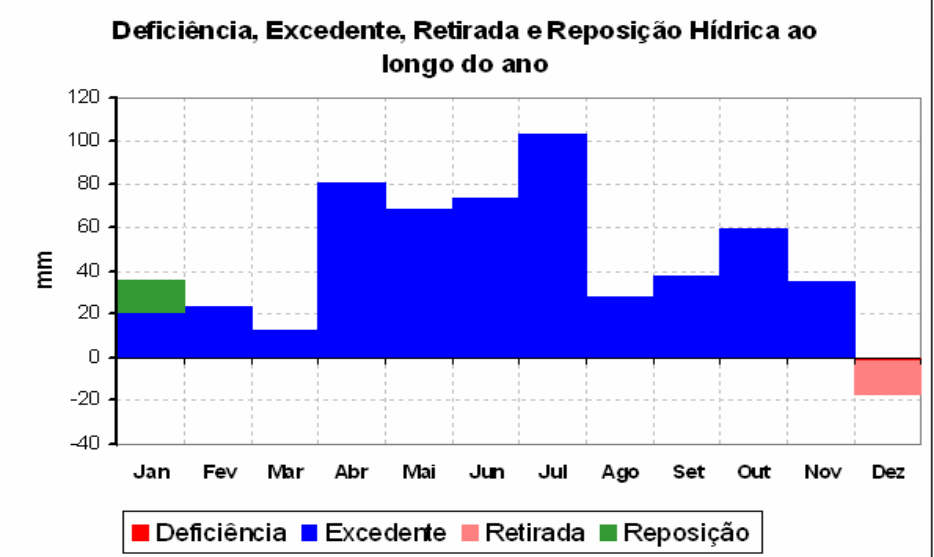
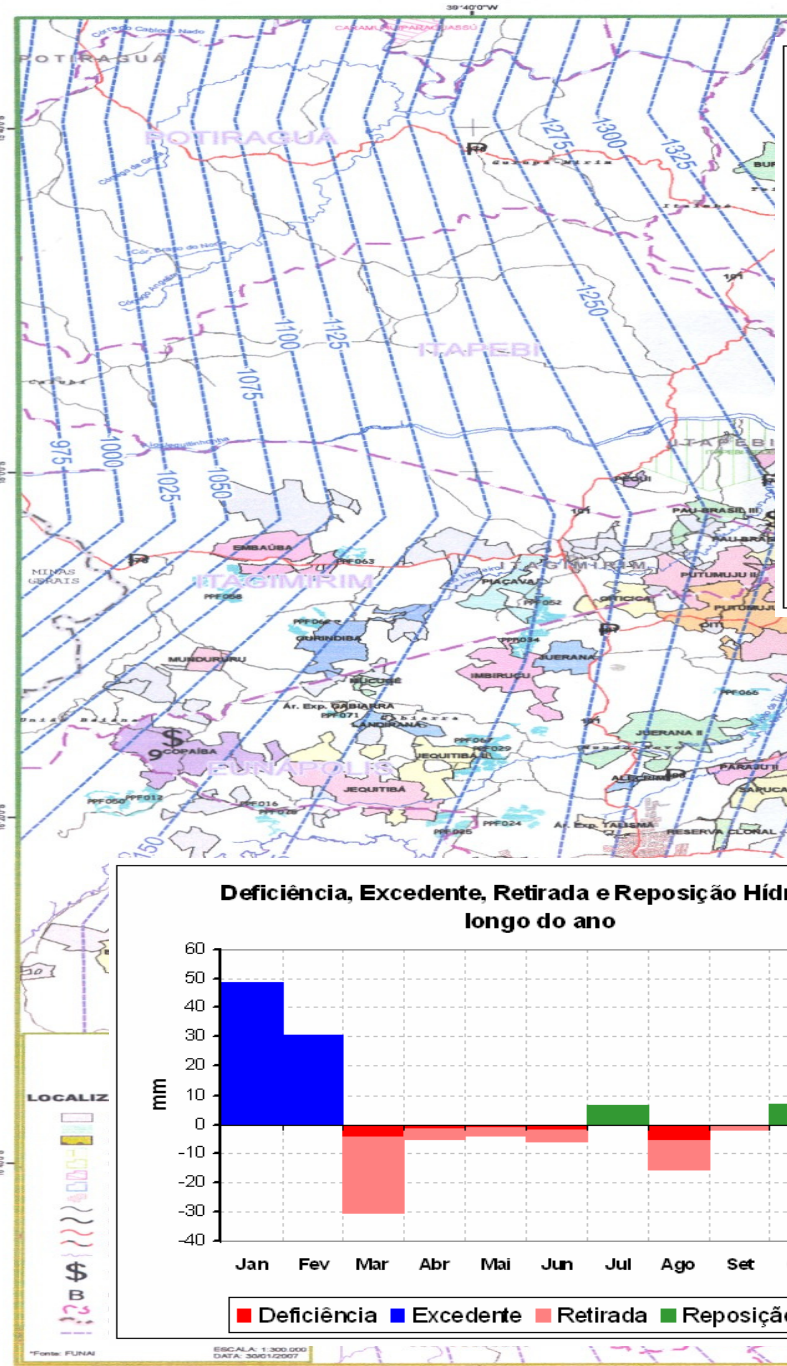
• **Saúde da microbacia**  
- Demanda de água  
- Balanço hídrico  
- Regime de vazão  
- Assoreamento  
- Ecossistema aquático

• **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



LOCALIZ

Fonte: FUNAI

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

## Calder, I.R., 2007

### Ensuring forest benefits outweigh water costs

$P > E = \text{"+green water"}; Q_s > Q_m = \text{"+blue water"}$

$P < E, Q_s > Q_m$

- 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



**Condições Hidrológicas  
da região?**





**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).**

<b>Componente do balanço hídrico</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
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%)
<b>Precipitação efetiva (PE)</b>	<b>626 mm (38%)</b>	<b>827 mm (51%)</b>

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

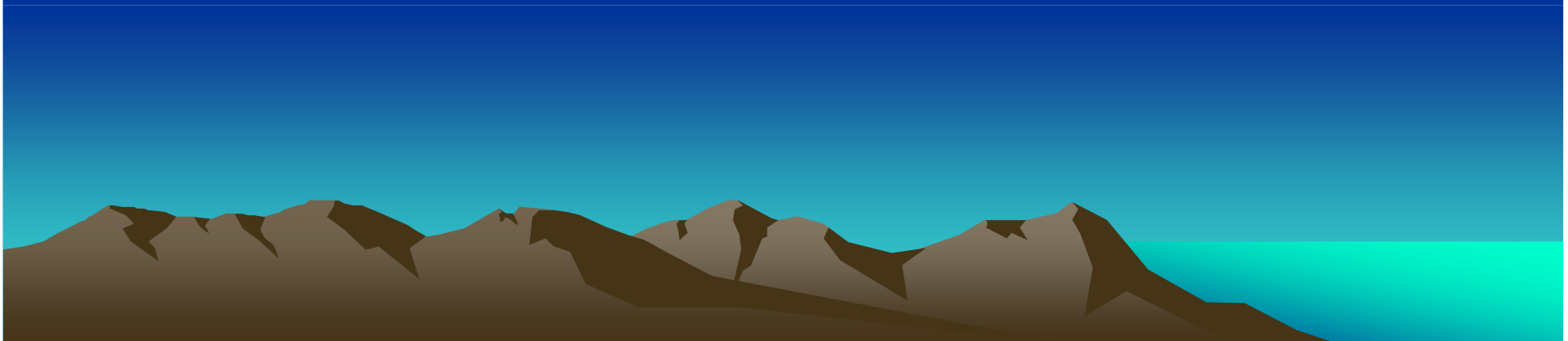
**Antes do desbaste: 754 árvores/há**  
**H = 17 m**  
**IAF = 15.5**

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



# Sociedade e Dogmas!

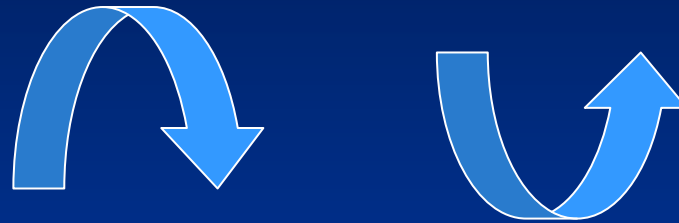
- Entender os conhecimentos atuais sobre o funcionamento dos sistemas biológicos
- Participar de forma consistente na luta pela conservação da água e do meio ambiente



## ESCALA MACRO

Legislação ambiental, Política florestal, Código Florestal,  
Política ambiental

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



## ESCALA MICRO

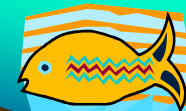
(Unidades de manejo, propriedades rurais,  
práticas de manejo, condições do solo,  
alteração da paisagem pelo homem: estradas,  
desmatamentos, destruição das zonas  
ripárias, urbanização, etc)

**Saúde hidrológica das microbacias**

**Como manejar sustentavelmente os  
Recursos Naturais?**



**Recursos  
Hídricos**





ERROR: stackunderflow  
OFFENDING COMMAND: ~  
STACK: