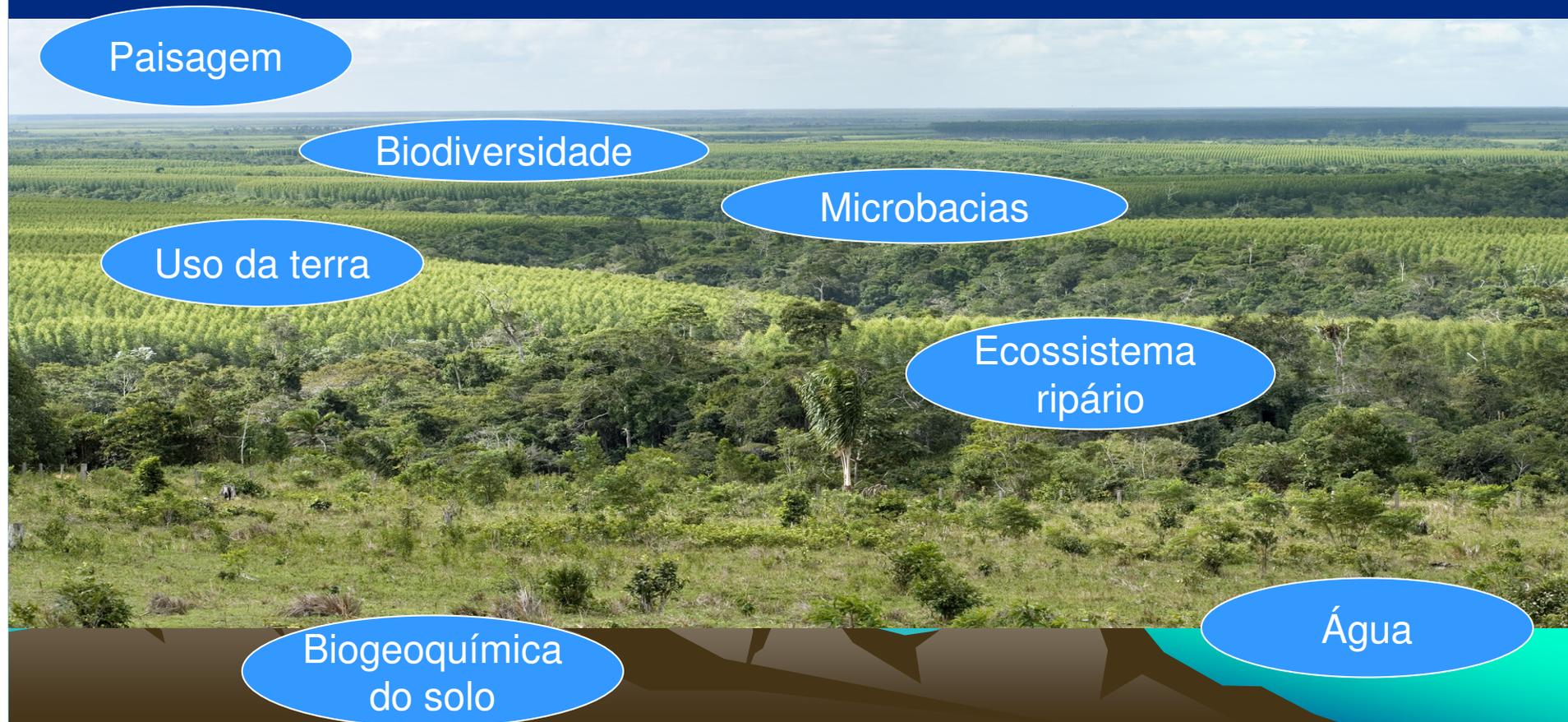


HIDROLOGIA EM ECOSSISTEMAS DE PLANTAÇÕES FLORESTAIS: CIÊNCIA, DOGMAS E MANEJO

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

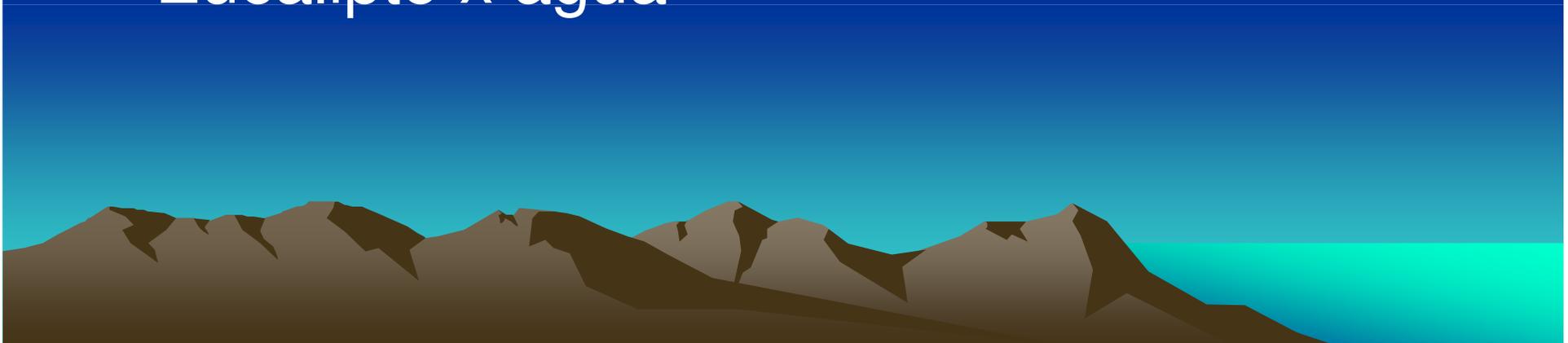
Nova Prata, RS, 19-22 de agosto de 2008

- 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

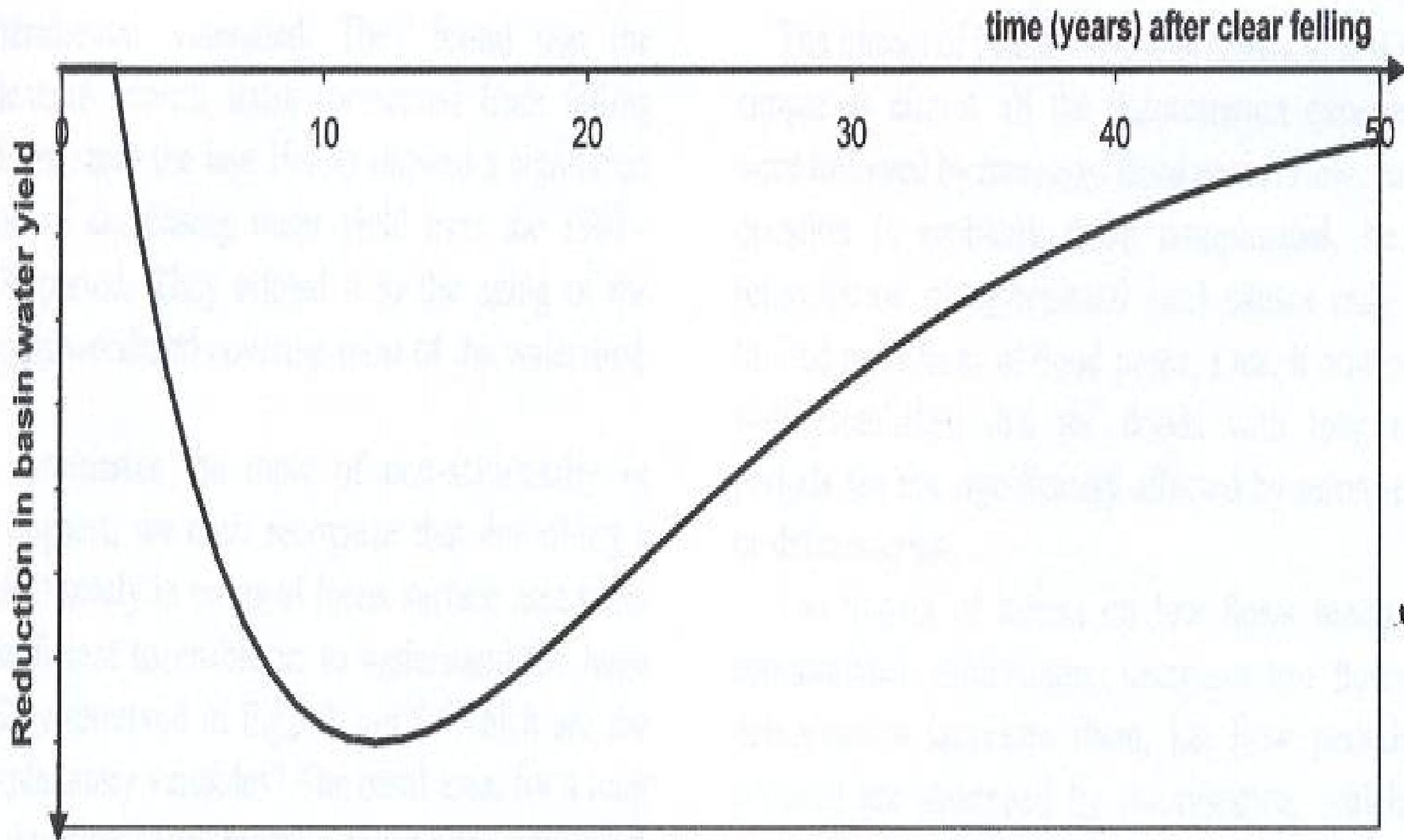
- Swank & Miner (1968): floresta natural x plantação de *Pinus* (- 94mm, 10 anos)

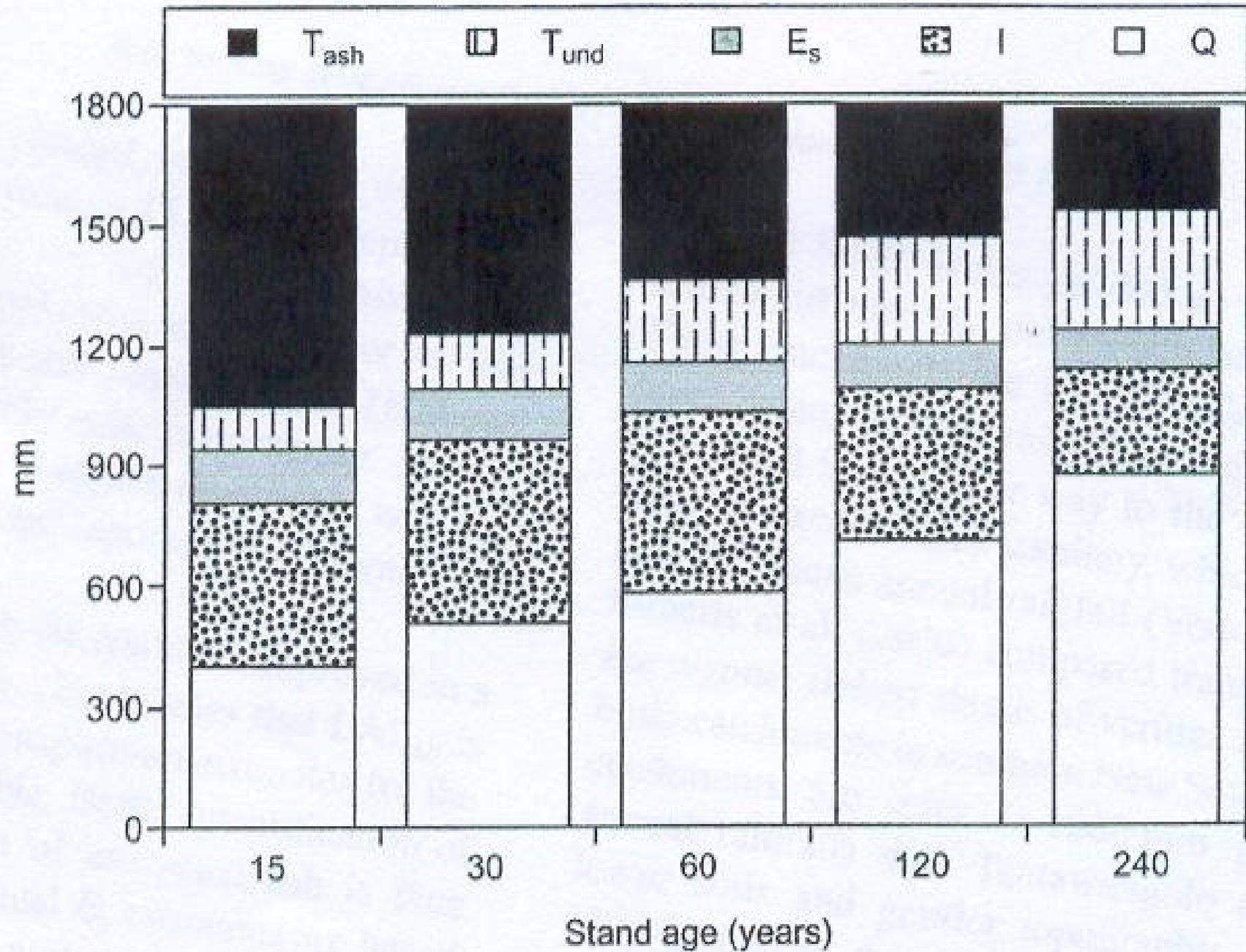


- Austrália: incêndio em florestas naturais de *E. regnans* (Kuczera, 1987 e Vertessy et al, 2001)



“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:

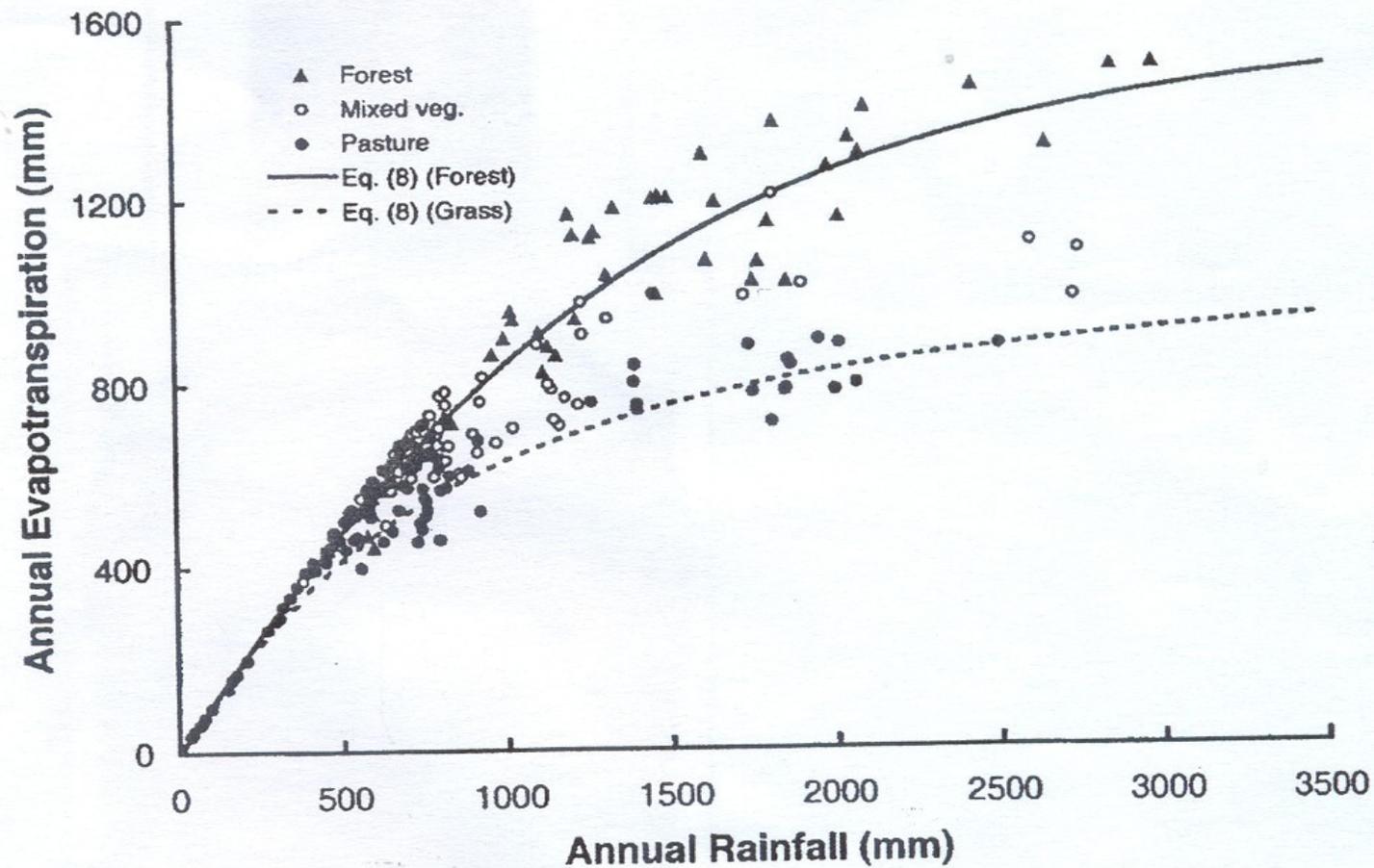
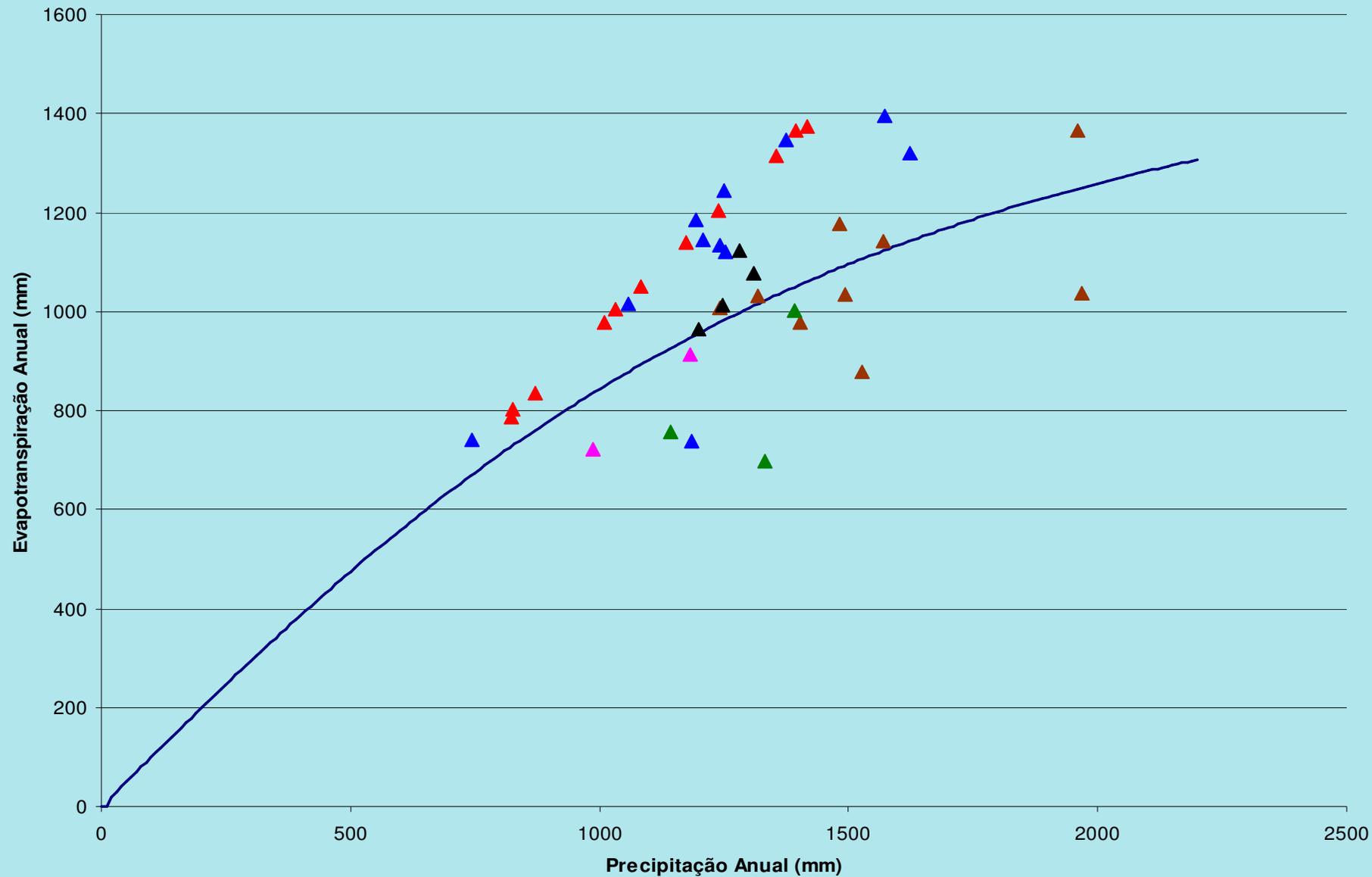
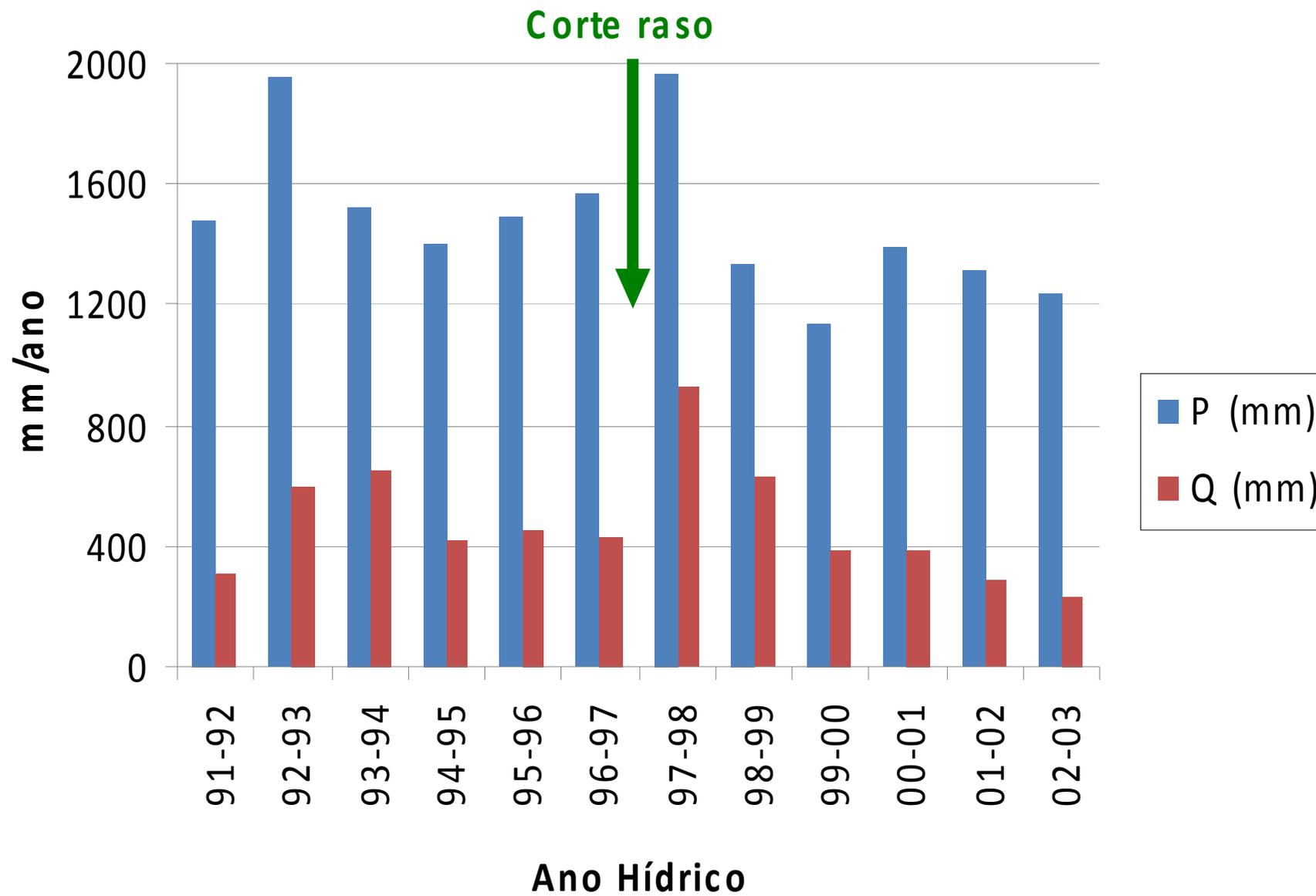


Figure 9. Relationship between annual evapotranspiration and rainfall for different vegetation types.



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





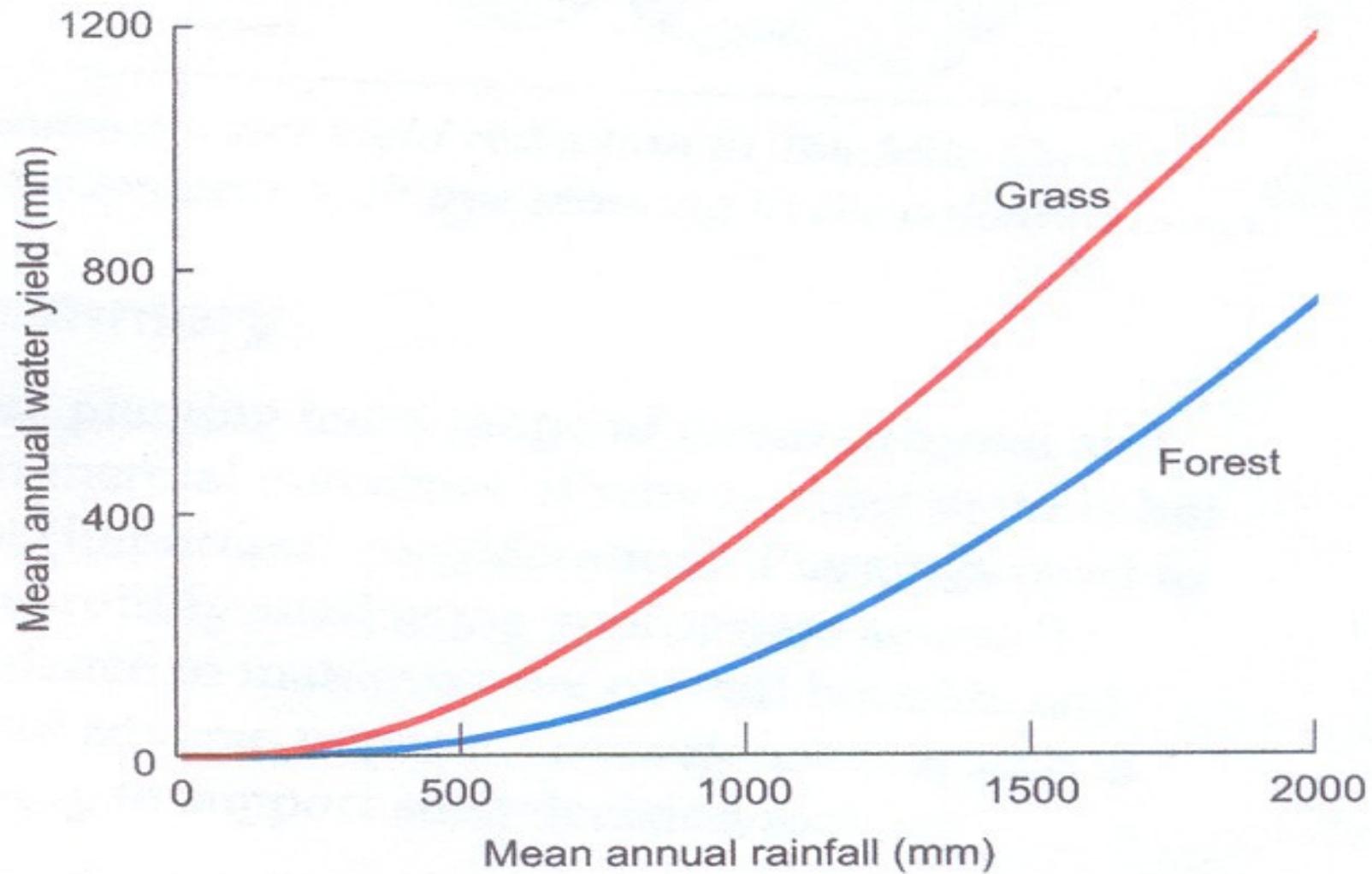


Figure 1. The Zhang curves are simple relationships between annual rainfall and water yield for different vegetation types.

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



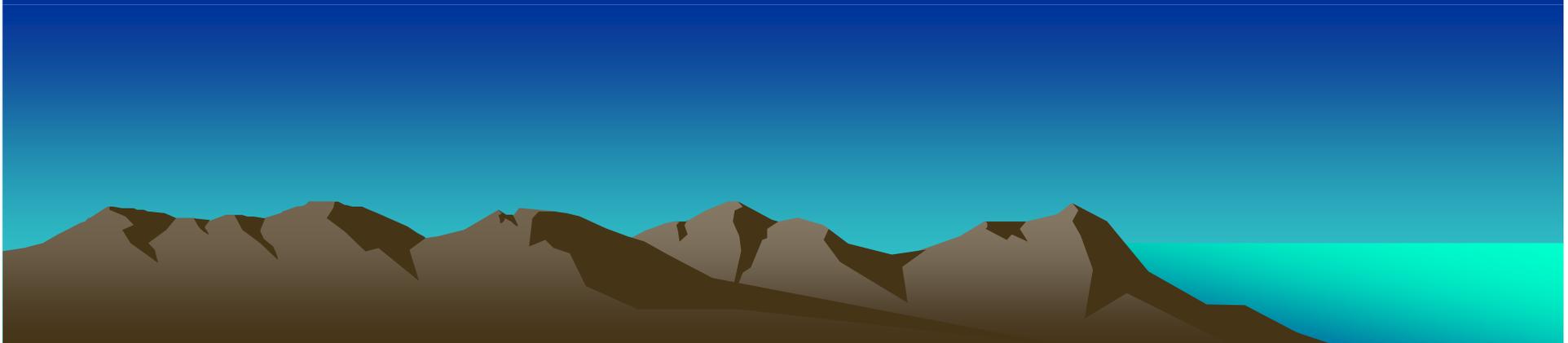
Como levar a ciência ao manejo florestal?

- **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

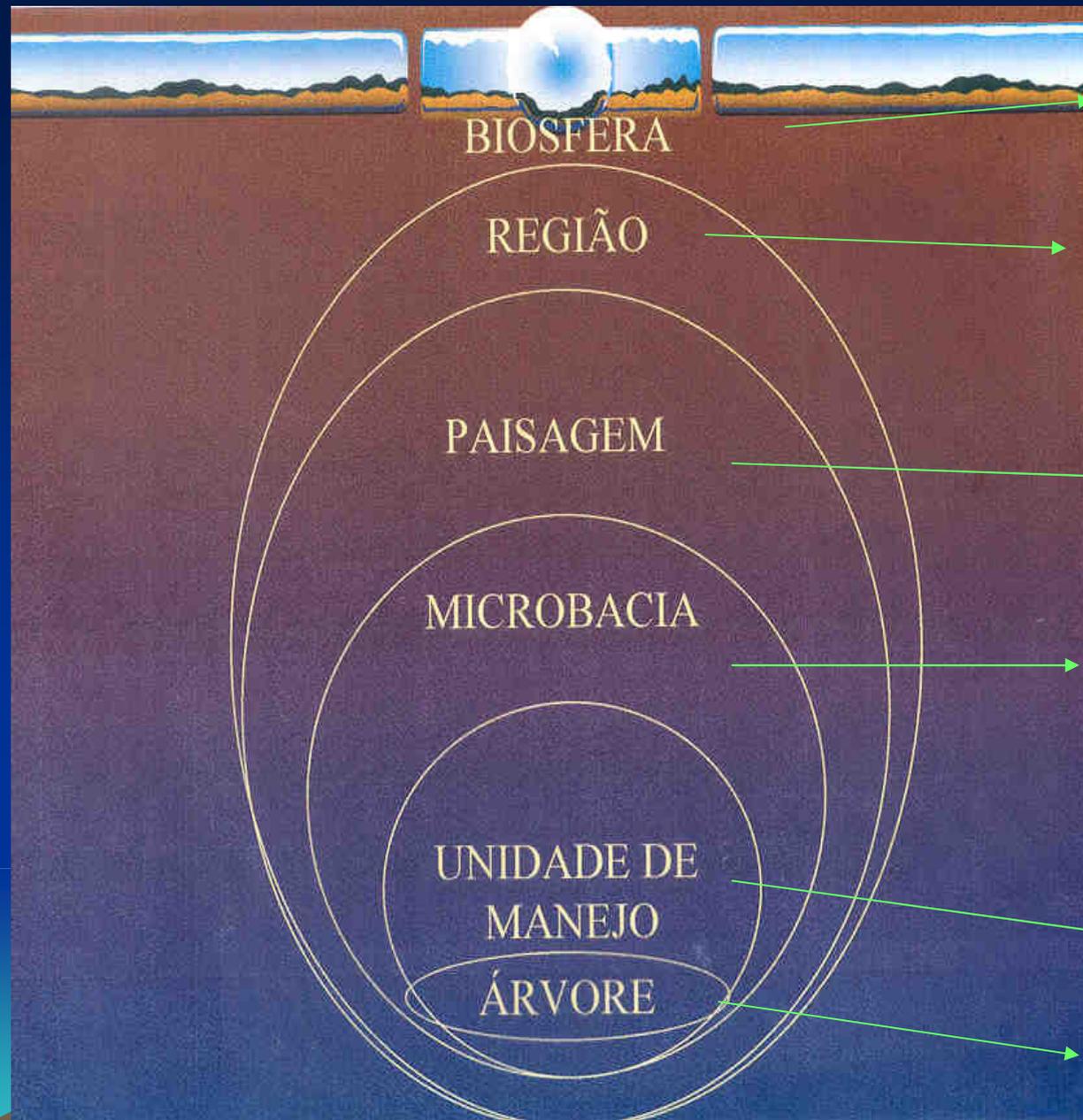
Monitoramento

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

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

$P > E; Q_s > Q_m$

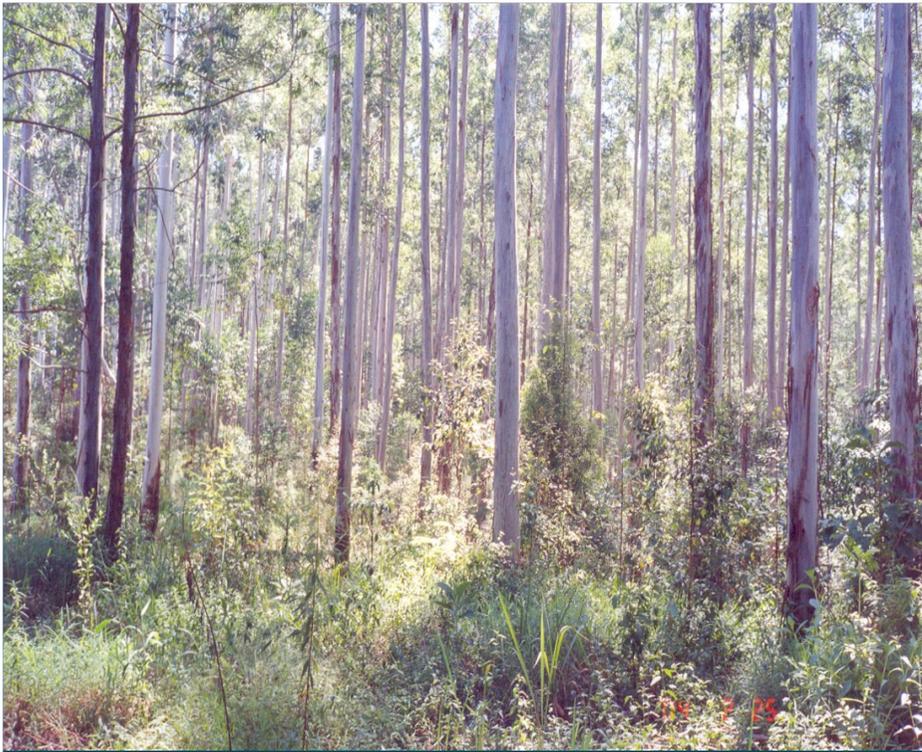
- Green: > área com florestas plantadas;
> área com irrigação
- Blue: benefícios ainda maiores com medidas de melhoria da conservação do solo e de estruturas de retenção de água

$P < E; Q_s < Q_m$

- 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).

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%)

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

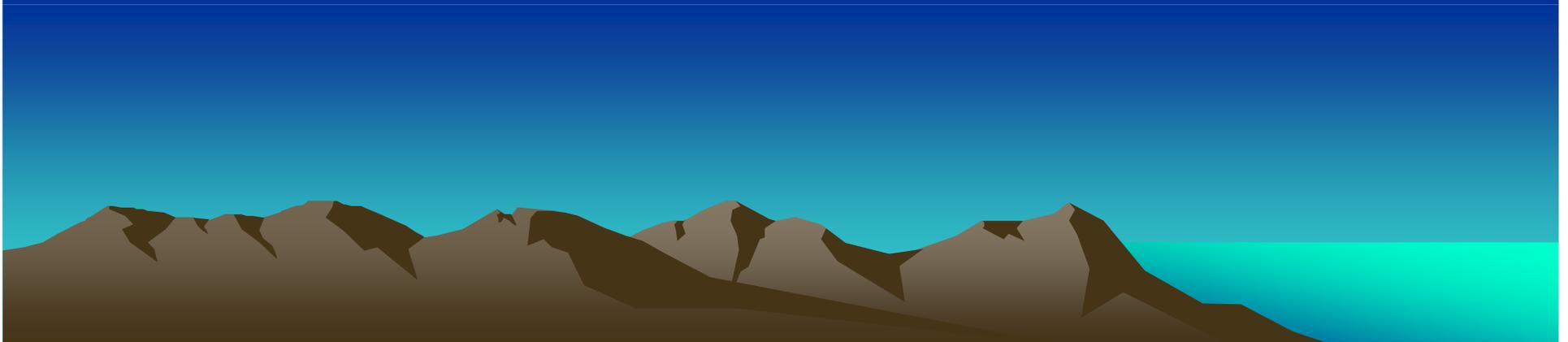
Antes do desbaste: 754 árvores/há
H = 17 m
IAF = 15.5

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



Sociedade e Dogmas!

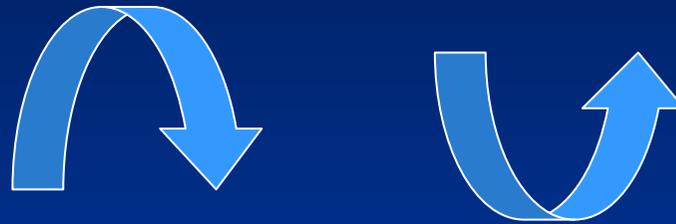
- Entender os conhecimentos atuais sobre o funcionamento dos sistemas biológicos
- Participar de forma consistente na luta pela conservação da água e do meio ambiente



ESCALA MACRO

Legislação ambiental, Política florestal, Código Florestal,
Política ambiental

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



ESCALA MICRO

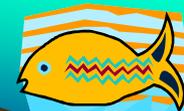
(Unidades de manejo, propriedades rurais,
práticas de manejo, condições do solo,
alteração da paisagem pelo homem: estradas,
desmatamentos, destruição das zonas
ripárias, urbanização, etc)

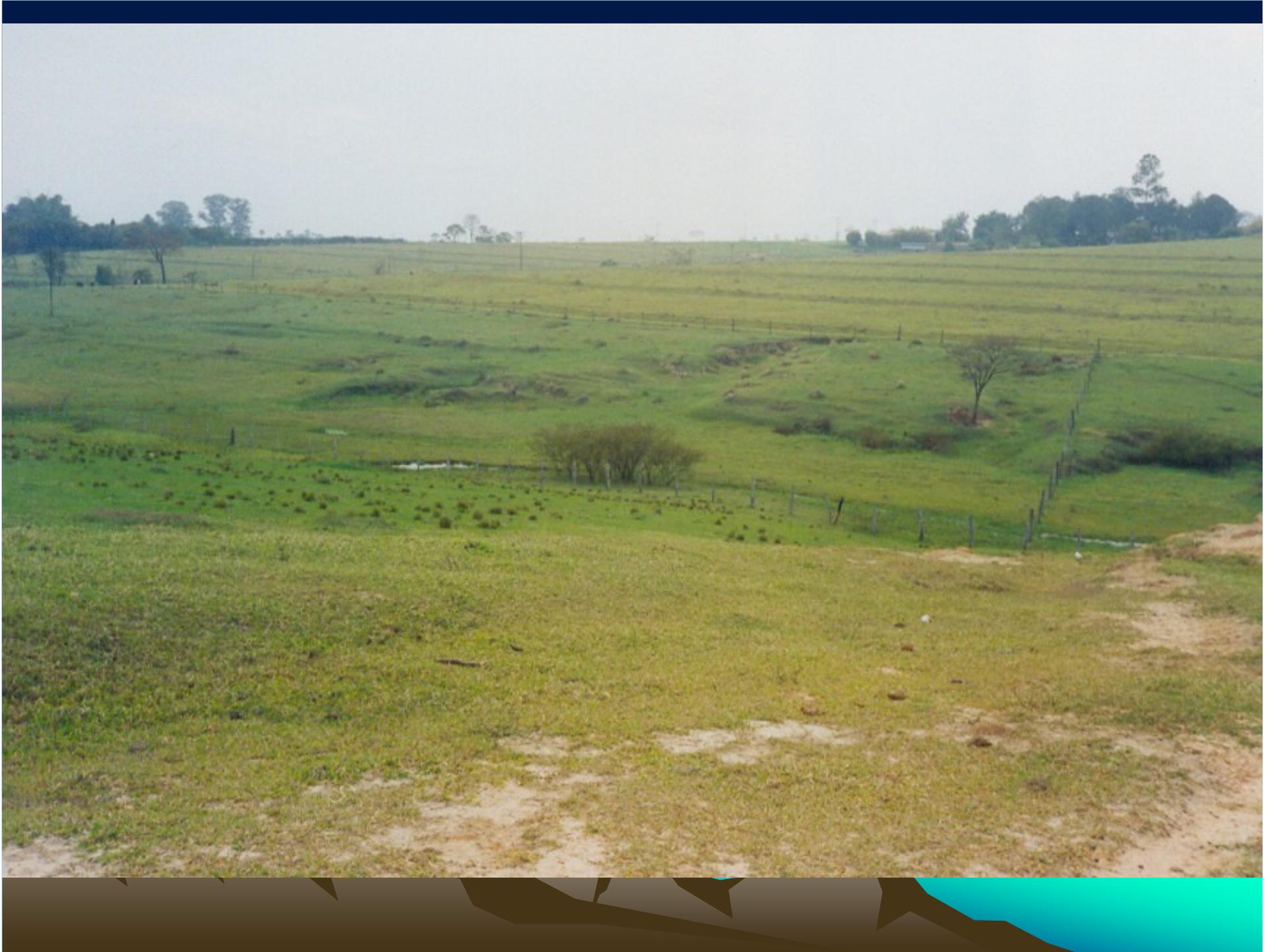
Saúde hidrológica das microbacias

**Como manejar sustentavelmente os
Recursos Naturais?**



**Recursos
Hídricos**





ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~
STACK: