



LCF 678 – Manejo de Bacias Hidrográficas
Departamento de Ciências Florestais




Os efeitos do manejo florestal sobre a água: aspectos qualitativos

Carolina B. Rodrigues
Prof. Silvio F. B. Ferraz

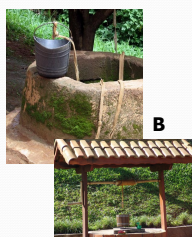
Qualidade da água




A



B




C



Qualidade da água


- Qualidade para que fim? Para quem?
- Existem padrões para a qualidade da água?



BRASIL

➤ A Resolução CONAMA nº357 (de março de 2005, alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011)

"Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências".



CONAMA 357

➤ Enquadramento: "estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo" (Classe especial, 1, 2, 3 e 4).

"classe de qualidade: conjunto de **condições e padrões** de qualidade de água necessários ao atendimento dos **usos** preponderantes, atuais ou futuros".

CONAMA 357 – "condições e padrões"

➤ "Art .13. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as **condições naturais** do corpo de água."





CONAMA 357 – “condições e padrões”

Uso das águas doces	ESPECIAL	CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA			
		1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	Mandatório em UC (de Proteção Integral)				
Proteção das comunidades aquáticas		Mandatório em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário					
Apicultura					
Abastecimento para consumo humano	Após desinfecção	Após tratamento sanitizado	Após tratamento convencional	Após tratamento avançado	
Recreação de contato secundário					
Pesca					
Irrigação		Hortaliças consumidas cruas e frutas, legumes, castanhas, nozes, pinhões, amêndoas, castanhas de exportação	Hortaliças, frutas, legumes, pinhões, castanhas, amêndoas, castanhas de exportação	Citrus, umbelíferas, cereais e leguminosas	
Desenvolvimento de animais					
Navegação					
Maneio patagênico					

Classes de enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos, em águas doces (Fonte Resolução CONAMA nº 357/2005) [adaptado de 4 e 13].

CONAMA 357 – “condições e padrões”

➤ Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes; ...

Até item “m” + Tabela...

CONAMA 357 - “condições e padrões”

Exemplo

➤ Tabela “TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES”

TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PARAMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARAMETROS INORGÂNICOS	
PARAMETROS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005 mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd

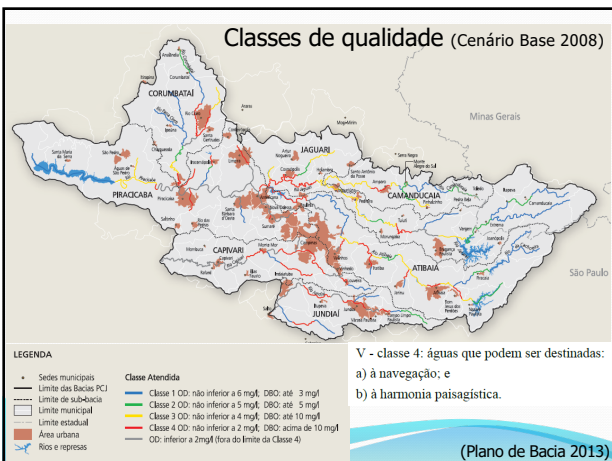
CONAMA 357 - “usos”

Exemplos

➤ Classe especial: a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

➤ Classe 1: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classes de qualidade (Cenário Base 2008)



ESTADUAL – exemplo CETESB SP

Qualidade da Água

Índices de Qualidade das Águas

- Índices de qualidade das Águas
- IQA - Índice de Qualidade das Águas
- IQP - Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público
- IET - Índice do Estado Trófico
- IVA - Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas
- ICE - Índice da Comunidade Fitoplânctônica
- ICB - Índice da Comunidade Bentônica
- IB - Índice de Salineabilidade
- Classificação do teste de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Sistema Microtox®)
- Critério de Avaliação de Sedimento
- ICTEM - Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município

ESTADUAL – exemplo CETESB SP

Exemplo – IQA (Índice de Qualidade das Águas)

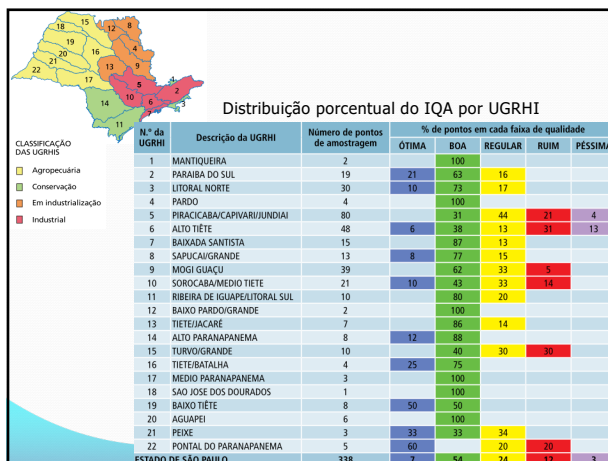
> Utilizado desde 1975 como ferramenta de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo.

> Incorpora nove variáveis (Coliformes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio total, Fósforo total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido) consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas tendo como determinante principal o abastecimento público.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Tabela 1 – Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOM	51 < IQA ≤ 79
REGULAR	38 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 38
PÉSSIMA	IQA ≤ 19

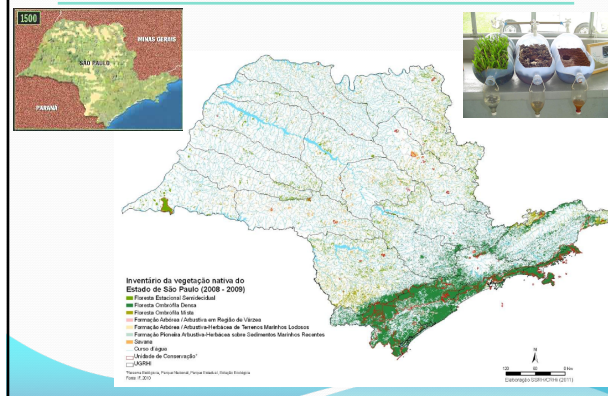


Mudanças no uso do solo x Qualidade da água

> A partir do impacto inicial causado pelo desmatamento há uma ruptura no equilíbrio natural do meio, desajuste progressivamente incrementado pela sobreposição de formas de uso e ocupação das terras. A erosão normal, própria da evolução da paisagem, cede lugar à erosão acelerada, resposta incontinente do meio em busca de novas condições de estabilidade (Stein, 1995).



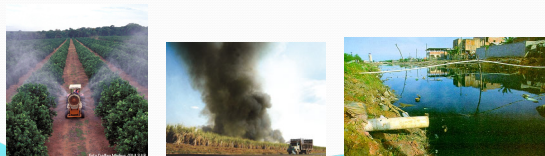
Mudanças no uso do solo x Qualidade da água



Fonte de poluentes

> Pontuais → introduzidas por lançamentos facilmente identificáveis e individualizados, como os despejos de esgoto de uma indústria.

> Difusas → lançados de forma distribuída, não sendo fácil identificar como são produzidos, como no caso das substâncias provenientes de áreas agrícolas ou dos poluentes associados à drenagem pluvial urbana



Relação Floresta x Qualidade da água

“Bacias hidrográficas florestadas geralmente produzem água de ótima qualidade...” (WWF; IUCN, 2003).

Hierarquização do percentual de cobertura florestal e do custo específico de produtos químicos nas estações de tratamento de água:

Município/Manancial	Custo Específico Produtos Químicos ETA ***	Hierarquia do custo de produtos químicos	% Cobertura Florestal Da bacia	Hierarquia do % de cobertura florestal
Analiândia /Afluente do Rio Corumbatal	18,30	2º	17,68	3º
Rio Claro/Rio Corumbatal	47,47	4º	12,26	5º
Piracicaba**/Rio Corumbatal	62,62	5º	12,33	4º
Piracicaba**/Rio Piracicaba	92,61	7º	4,30	7º
Campinas/Rio Atibaia	81,69	6º	8,22	6º
RMSPI Sistema Cantareira (Represa)	7,20	1º	27,16	2º
Cota e outros/Rio Cota (Alto Cota) (Represa)	19,22	3º	92	1º

> O sistema Cantareira tem o 2º maior percentual de cobertura florestal e o menor custo de produtos químicos;

> O rio Piracicaba tem o menor percentual de cobertura florestal e o maior custo em produtos químicos.

Reis, 2004. Cobertura florestal e custo de tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: caso do manancial do município de Piracicaba. Doutorado: ESAL/USP.

Relação Floresta x Qualidade da água

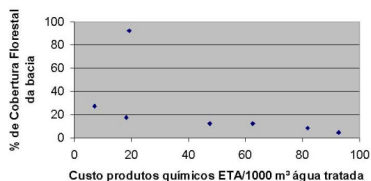


Figura 33 -Relação entre % de cobertura florestal e custo com consumo de produtos químicos para cada 1000 m³ de água tratada.

Reis, 2004. Cobertura florestal e custo de tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: caso do manancial do município de Piracicaba. Doutorado. ESAL/USP.

Relação Floresta x Qualidade da água

Desmatamento eleva em 100 vezes o custo do tratamento da água
07/05/2014

Por Karina Toledo

Agência FAPESP – Além de alterar o ciclo de chuvas, prejudicar a recarga de aquíferos subterrâneos e, conseqüentemente, reduzir os recursos hídricos disponíveis para o abastecimento humano, o dano da vegetação que revolve as bacias hidrográficas tem forte impacto sobre a qualidade da água, encarecendo em cerca de 100 vezes o tratamento necessário para torná-la potável.

E as florestas plantadas?

Qualidade da água x Qualidade do manejo florestal

Operações florestais

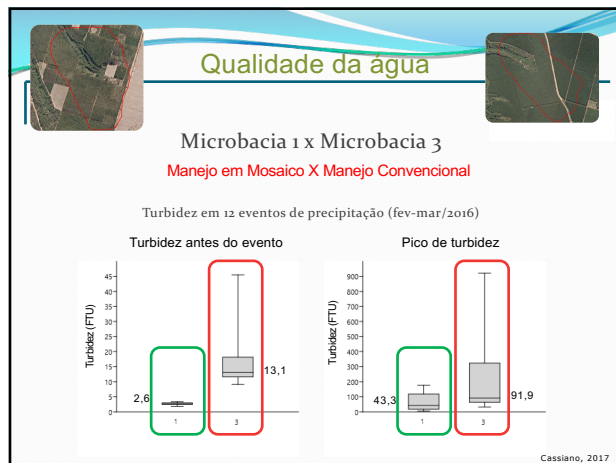
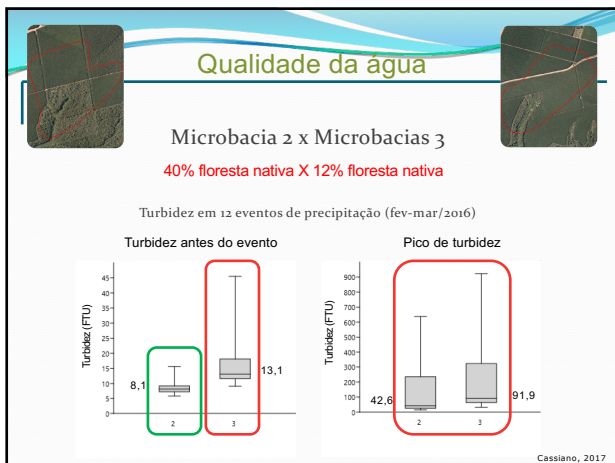
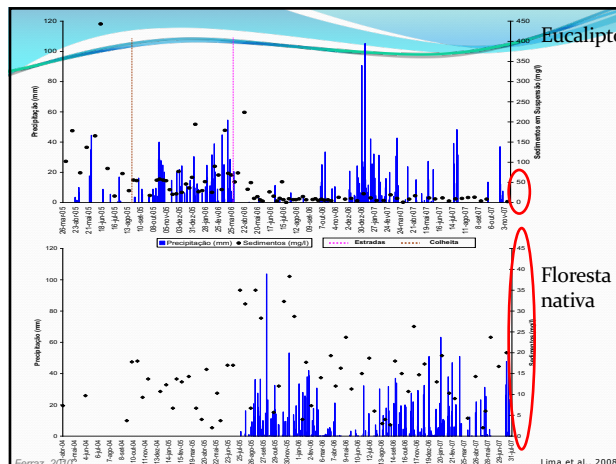
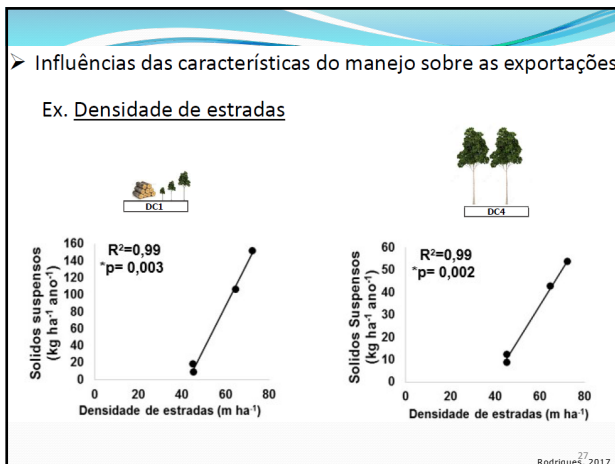
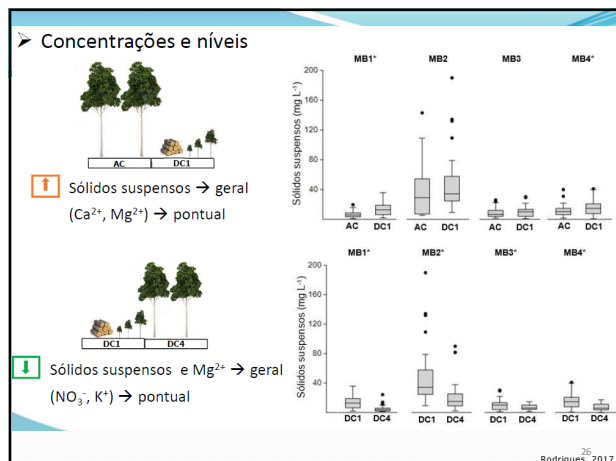
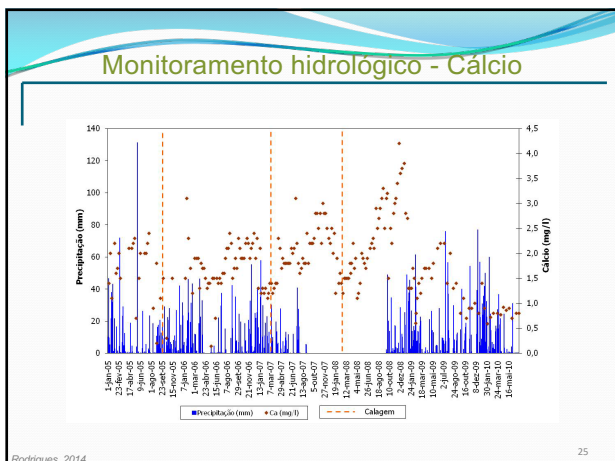
Florestas Plantadas



Principais impactos das florestas plantadas

- Operações florestais:
 - Correção do solo;
 - Adubação;
 - Controle de pragas/doenças;
 - Colheita;
 - Estradas.





Qualidade da água

31

Monitoramento hidrológico

- O que medir (qual o objetivo)? Onde medir? Quando medir?

O que medir (qual o objetivo)?
Primeiros trabalhos...

- Câmara (1999) estabeleceu intervalos de confiança para variáveis físicas e químicas da água, por meio de dados coletadas durante 6 anos antes da colheita da floresta (50 anos). Os melhores indicadores para a medição dos impactos foram as variáveis que apresentaram intervalos de variação mais estreitos no período **anterior ao corte** e maior número de observações fora deste intervalo **após a colheita**.

Intervalo de confiança

Limites superior e inferior do intervalo de confiança estimado para as concentrações médias mensais de sedimentos em suspensão e turbidez na água do deflúvio em condições de cobertura florestal ($t = 95\%$) e valores observados durante o primeiro ano após o corte (Câmara, 1999).

Mg, Ca, Turbidez, Cor, Condutividade Elétrica e Sedimentos em suspensão

Exemplo: Cálcio

Seleção dos indicadores da qualidade do manejo florestal

- Características importantes para a seleção de indicadores em microbacias florestadas (Walker; Reuter, 1996):
 - que esses indicadores possam ser medidos facilmente e com baixo custo;
 - que os critérios para avaliação estejam disponíveis;
 - que os indicadores devem ser significativos na escala da microbacia;
 - que suas respostas aos distúrbios ou atividades de manejo devem ser conhecidas.

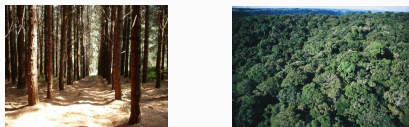
Indicadores da qualidade do manejo florestal

Critérios	Indicadores
Manutenção dos processos hidrológicos e da qualidade do manejo florestal	Balanco Hídrico
	Picos de Vazão
	Sedimentos em Suspensão
	Turbidez
	Condutividade Elétrica
	Fósforo
	Oxigênio Dissolvido
	Potássio
	Temperatura da água
	Macroinvertebrados Bentônicos
Manutenção do potencial produtivo do solo	Fósforo
	Nitrogênio
	Cálcio
	Potássio
Manutenção do equilíbrio dinâmico do ecossistema aquático	Magnésio
	Sedimentos em Suspensão
	Oxigênio Dissolvido
	Fósforo
	Nitrogênio
	Temperatura da Água
	Sedimentos em Suspensão
	pH
	Macroinvertebrados Bentônicos

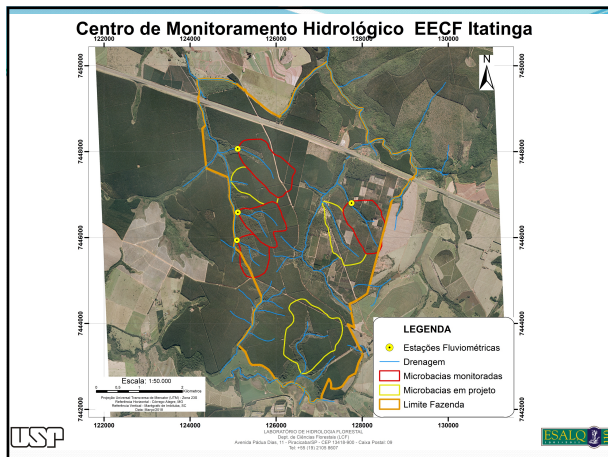
(Câmara, 2004)

Valores de referência

Microbacias Pareadas



Uma única microbacia: parte-se do princípio que uma microbacia bem manejada, com floresta adulta, com estradas bem locadas e áreas de preservação permanente protegidas pode ser utilizada como referência.



Valores de referência

TABLE VII

Average effects of harvesting and site preparation on sediment and nutrient export in the Coastal Plain of Virginia as adapted from Wynn *et al.* (2000)

Treatment	Sediment yield (mg ha ⁻¹ y ⁻¹)	Nitrogen (TKN) export (mg ha ⁻¹ y ⁻¹)	Total phosphorus export (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)
Post harvest			
Control	0.57	23.7	1.78
With BMPs	0.56	41.8	1.72
No BMPs	9.76	104.7	12.61
Post site prep			
Control	0.13	15.8	0.21
With BMPs	0.62	17.1	1.60
No BMPs	7.67	85.4	10.82

Fonte: Aust & Blinn (2004)

Valores de referência

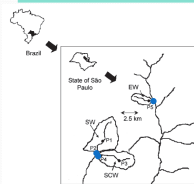


Figure 1 - Map of the savanna (SW - P1 and P2), sugar cane (SCW - P3 and P4) and eucalyptus (EW - P5) watershed indicating the sampling system.

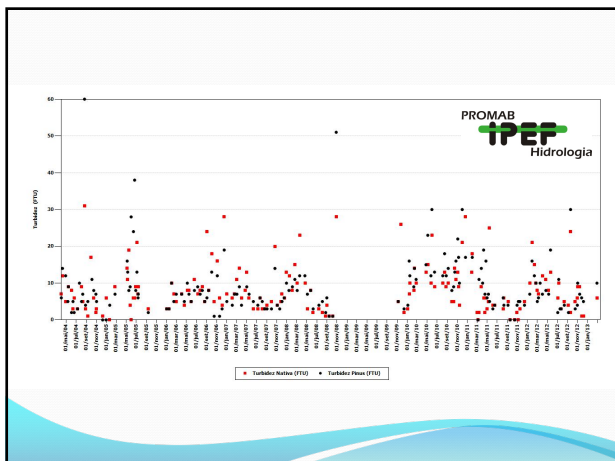
Area (ha)	Land use
P1 1150	Savanna (SW)
P2 1750	Savanna-Eucalyptus transition (SW)
P3 287	Sugar Cane (SCW)
P4 1200	Sugar Cane (SCW)
P5 423	Eucalyptus (EW)

Table 4 - DOC, DIN and major ion fluxes for savanna (SW - P1 and P2), sugar cane (SCW - P3 and P4) and eucalyptus (EW - P5) watersheds.

Sample Station	DOC	DIN	Cl	Na	K	Mg	Ca
	kg ha ⁻¹ yr ⁻¹						
P1	4.9	0.2	1.4	1.7	1.2	0.2	0.4
P2	7.0	0.5	1.2	1.5	1.1	0.2	0.5
P3	7.2	2.1	13.5	5.0	8.7	3.7	7.9
P4	11.6	2.1	16.1	7.1	1.7	6.7	10.9
P5	7.9	2.1	2.9	2.8	1.7	0.8	1.3

DOC (dissolved organic carbon) DIN (dissolved inorganic nitrogen)

Fonte: Silva *et al.* (2007)



Onde medir?



- Ordem da bacia;
- Posição do corpo hídrico no contexto da paisagem.

Como medir?

- No campo (sondas – pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade) ;

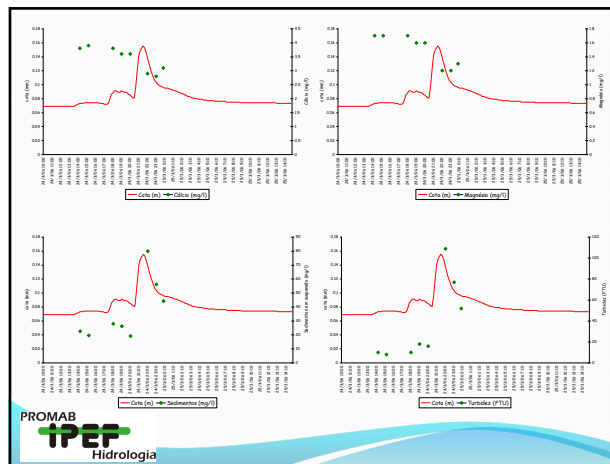
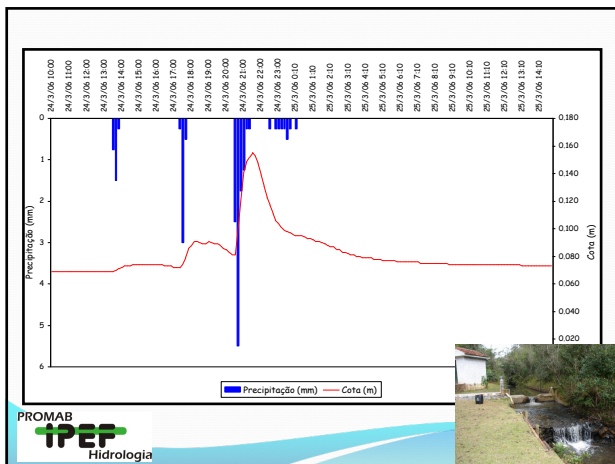


- Amostras de água



Quando medir?

- A frequência e o momento da coleta → objetivo



Considerações finais - monitoramento

- Análise experimental
- Série histórica de dados:
 - Incluindo todo o ciclo de produção até o corte e estabelecimento de novo povoamento;
 - Intervalo regular de amostragem.
- Análise dos valores médios, máximos e mínimos
 - Intervalos de confiança
- Uso de microbacias pareadas
 - Comparação dos parâmetros de microbacia com vegetação nativa

Pontos importantes

- O que é qualidade da água
 - Qualidade pra que/prá quem
 - CONAMA n° 357
- Efeitos do manejo florestal
 - Operações
 - Estradas
- Monitoramento
 - Quantidade e Qualidade
 - Longo prazo e contínuo