



Apresentação para a CTPOAR/CNRH

Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos para Diluição de Efluentes

Luciano Meneses Cardoso da Silva, D.Eng.

Especialista em Recursos Hídricos

Gerente de Outorga

Agosto de 2008

3. Lançamento de efluentes

- **Vazão de diluição** (artifício matemático)
Não é modelagem matemática de qualidade da água!

Derivada da equação geral de mistura (balanço de massa)

$$C_{\text{final}} = (C_A \cdot Q_A + C_B \cdot Q_B) / (Q_A + Q_B)$$

“Transforma” qualidade em quantidade

Equivalente em vazão do comprometimento qualitativo

Unifica procedimentos de outorga (qualidade/quantidade)

Parâmetros conservativos e não-conservativos

Equação de mistura completa

$$C_{mistura} = \frac{C_a.Q_a + C_b.Q_b}{Q_a + Q_b}$$

C_a = concentração de dado parâmetro de qualidade no efluente **a**;

Q_a = vazão do efluente **a**;

C_b = concentração de dado parâmetro de qualidade no efluente **b**;

Q_b = vazão do efluente **b**;

$C_{mistura}$ = concentração de dado parâmetro da mistura resultante dos efluentes **a** e **b**.

Equação de diluição

$$Q_{dil} = Q_{ref} \cdot \frac{(C_{ef} - C_{perm})}{(C_{perm} - C_{nat})}$$

- Q_{dil} = vazão de diluição para determinado parâmetro de qualidade;
- Q_{ef} = vazão do efluente que contém o parâmetro de qualidade analisado;
- C_{ef} = concentração do parâmetro de qualidade no efluente;
- C_{perm} = concentração permitida do parâmetro de qualidade no manancial onde é realizado o lançamento;
- C_{nat} = concentração natural do parâmetro de qualidade no manancial onde é realizado o lançamento.

Vazão Indisponível

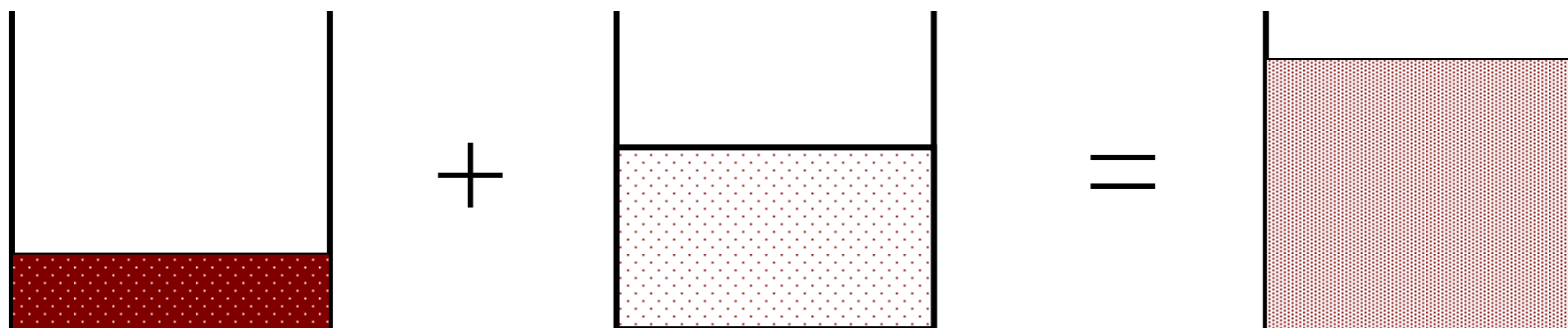
(em termos qualitativos no ponto de lançamento)

$$Q_{indisp_1} = Q_{dil} + Q_{ef}$$

Q_{dil}: vazão de diluição

Q_{ef}: vazão do efluente

Cálculo da vazão de diluição e da vazão indisponível



Vol. efluente (Q_{ef})

Vol. Diluição (Q_{dil})

Vol. Indisponível (Q_{indisp})

Concentração Efluente (C_{ef})

Concentração Natural (C_{nat})

Concentração permitida (C_{perm})

Enquadramento

$$Q_{dil} = Q_{ef} \cdot \frac{(C_{ef} - C_{perm})}{(C_{perm} - C_{nat})}$$

Kelman, 1997

$$Q_{indisp} = Q_{dil} + Q_{ef}$$

Meneses, 2000

Condições para cada parâmetro:

Concentração do efluente \leq Padrão de efluente (senão, fere Conama)

Vazões indisponíveis \leq Vazão do rio (senão, fere Enquadramento)

→ Licença ambiental

→ Outorga

Exemplo:

Dados de entrada:

Vazão efluente: $Q_{ef} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$

Concentração de DBO no efluentes: $C_{ef} = 45 \text{ mg/L}$

Concentração limite de DBO da Classe (permitida): $C_{perm} = 5 \text{ mg/L}$

Concentração natural de DBO (rio): $C_{nat} = 1 \text{ mg/L}$

Resultado:

Vazão de Diluição: $Q_{dil} = 5 \cdot (45 - 5) / (5 - 1) = 50 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão Indisponível: $Q_{indisp} = 50 + 5 = \mathbf{55 \text{ m}^3/\text{s}}$

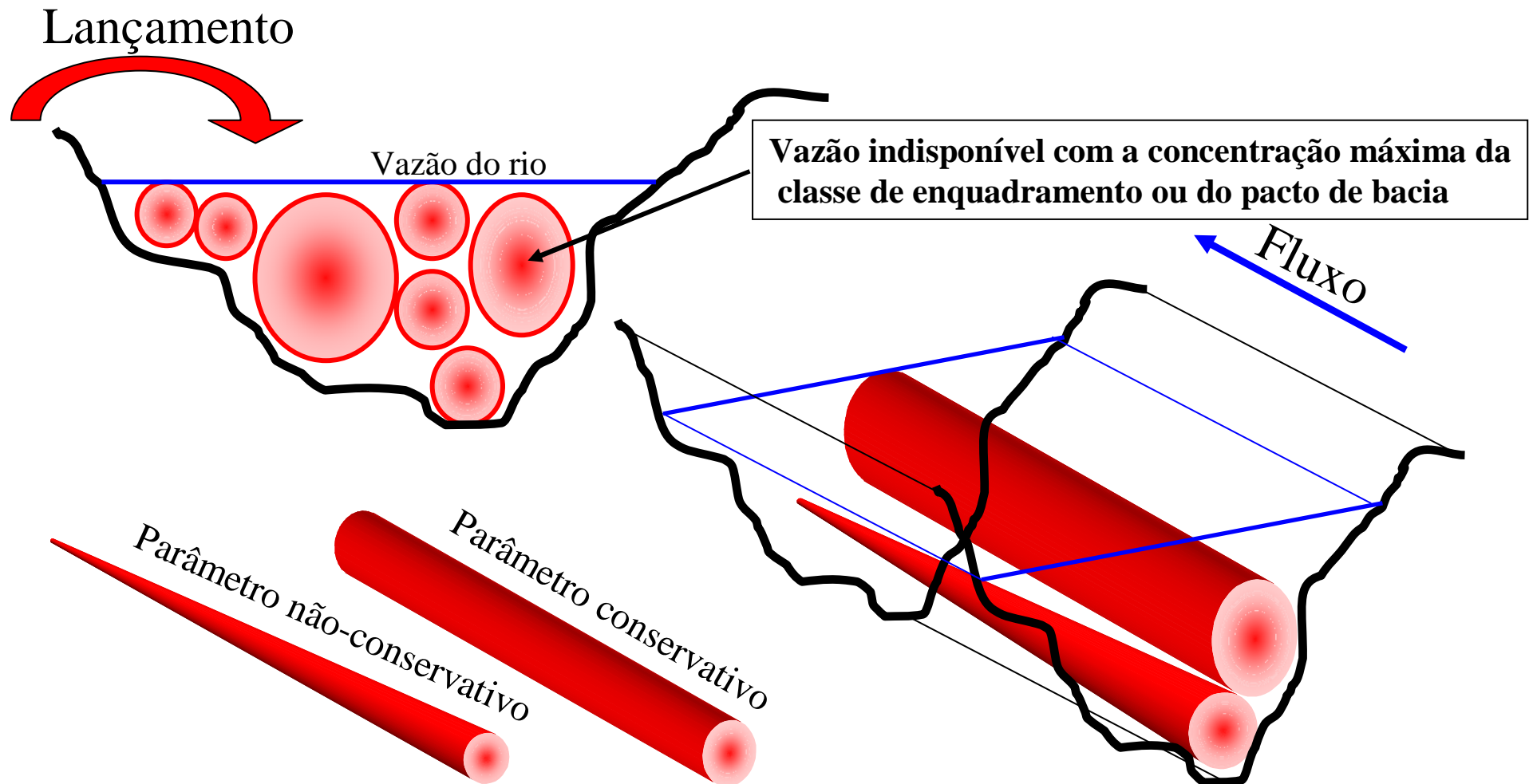
Esses valores se referem ao ponto de lançamento. Daí em diante, a carga de DBO sofrerá autodepuração, fazendo com que a vazão de diluição e a vazão indisponível também decaiam

$$Q_{dil} = Q_{ef} \cdot \frac{(C_{ef} - C_{perm})}{(C_{perm} - C_{nat})}$$

$$Q_{indisp} = Q_{dil} + Q_{ef}$$

3. Lançamento de efluentes

Feixe de tubos e cones (Vazão indisponível)



3. Lançamento de efluentes

- Há diversas equações para vários parâmetros

Meneses, 2000

DBO (com autodepuração)

$$Q_{indisp}_n = \frac{(Q_{ef} + Q_{dil_1}).C_{perm_1}.e^{-K_1.T}}{C_{perm_n}}$$

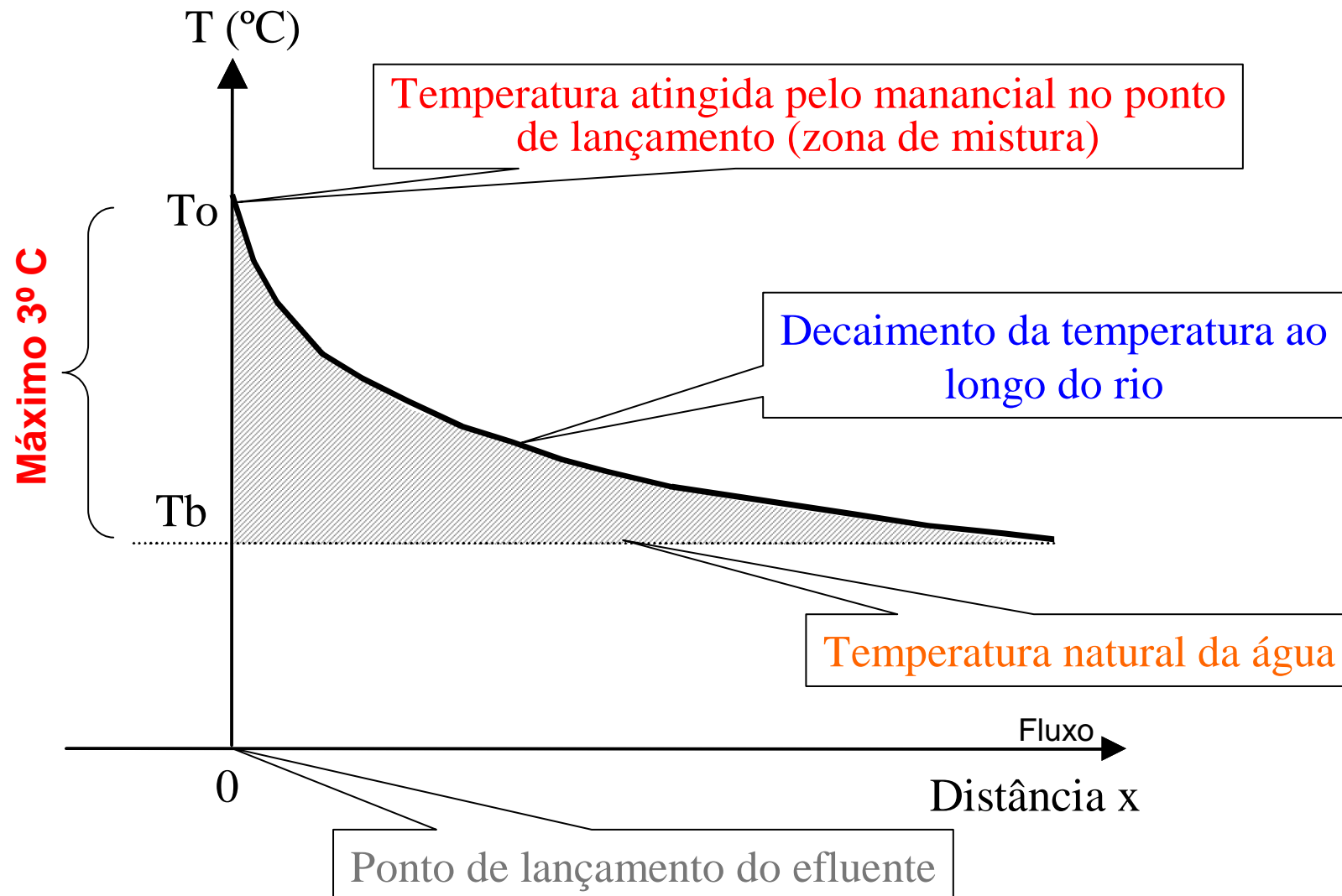
Temperatura (com decaimento da temperatura)

$$Q_{indisp}_n = \frac{(Q_{ef} + Q_{dil_1}).[(T_{perm_1} - T_{man_1}).e^{-Kr.Tempo} + T_{man_1}] - T_{man_n}}{T_{perm_1} - T_{man_1}}$$

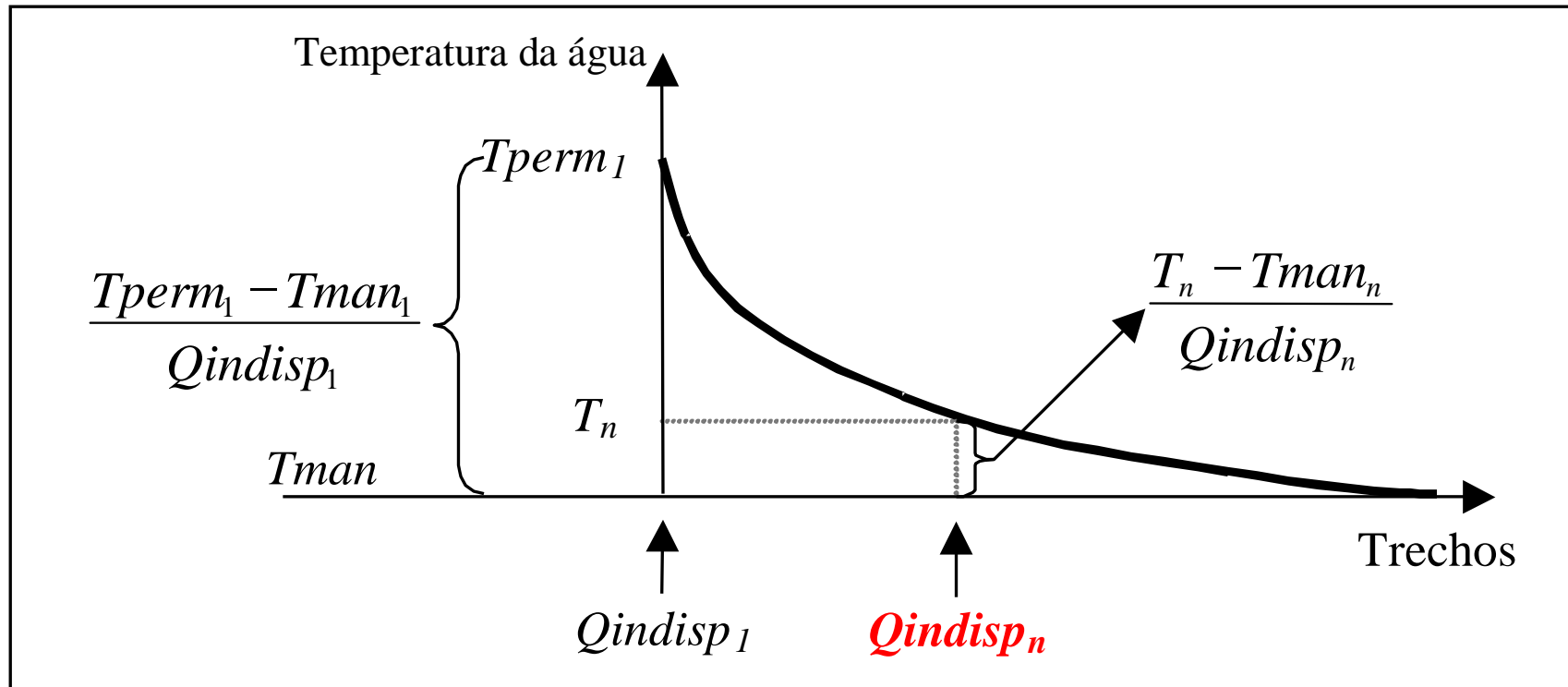
Parâmetros conservativos (não ocorre autodepuração)

$$Q_{indisp}_n = \frac{(Q_{ef} + Q_{dil_1}).C_{perm_1}}{C_{perm_n}}$$

Parâmetro Temperatura



Parâmetro Temperatura



$$\frac{T_{perm1} - T_{man1}}{Q_{indisp1}} = \frac{T_n - T_{man_n}}{Q_{indisp_n}} \Rightarrow Q_{indisp_n} = \frac{(Q_{indisp1}) \cdot (T_n - T_{man_n})}{(T_{perm1} - T_{man1})}$$

Parâmetro Temperatura

$$Q_{indisp_n} = \frac{(Q_{ef} + Q_{dil_1}) \cdot [(T_{perm_1} - T_{man_1}) \cdot e^{-Kr \cdot Tempo} + T_{man_1}] - T_{man_n}}{T_{perm_1} - T_{man_1}}$$

$$Kr = \frac{K}{(\rho \cdot Cp \cdot H)}$$

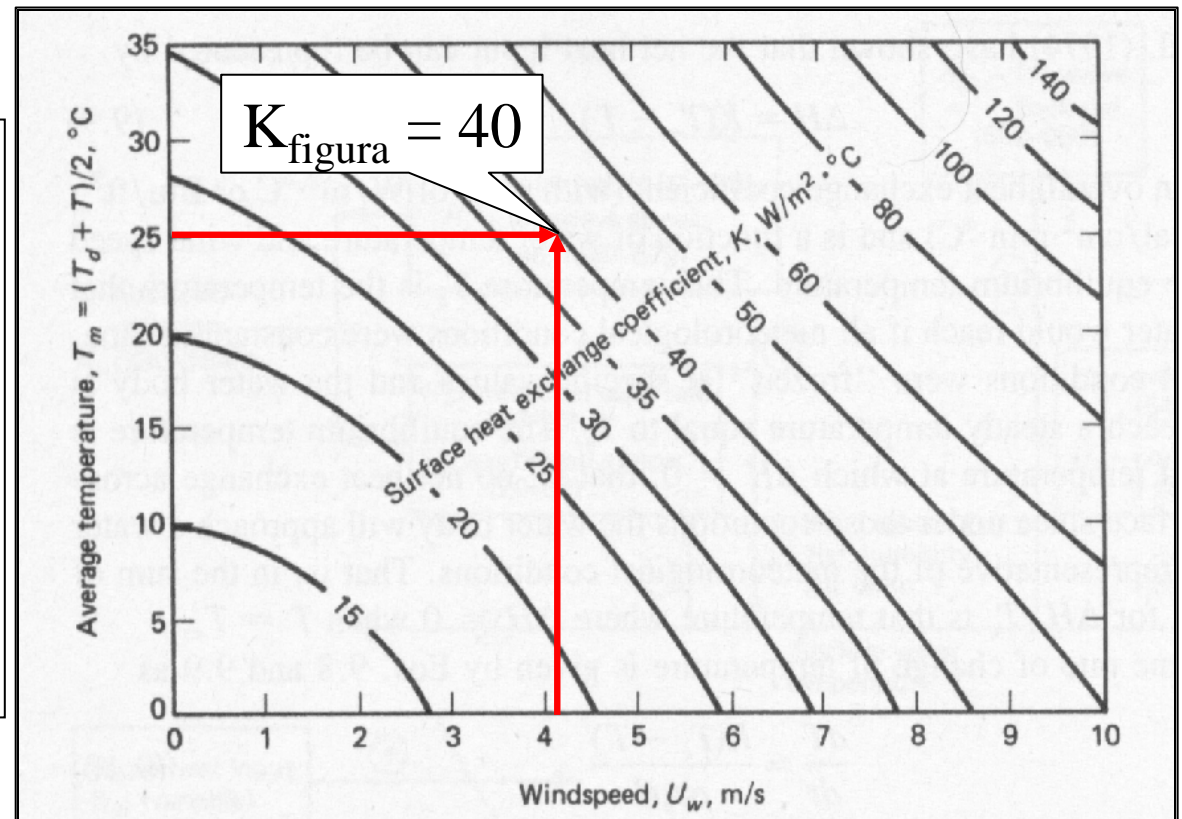
K = coeficiente de troca de calor (cal/cm².dia.°C)
Função da velocidade do vento e da temperatura da água

ρ = densidade da água (g/cm³)

Cp = calor específico (cal/g.°C)

H = profundidade média do curso d'água (cm)

$$K = K_{figura} * 2,066$$

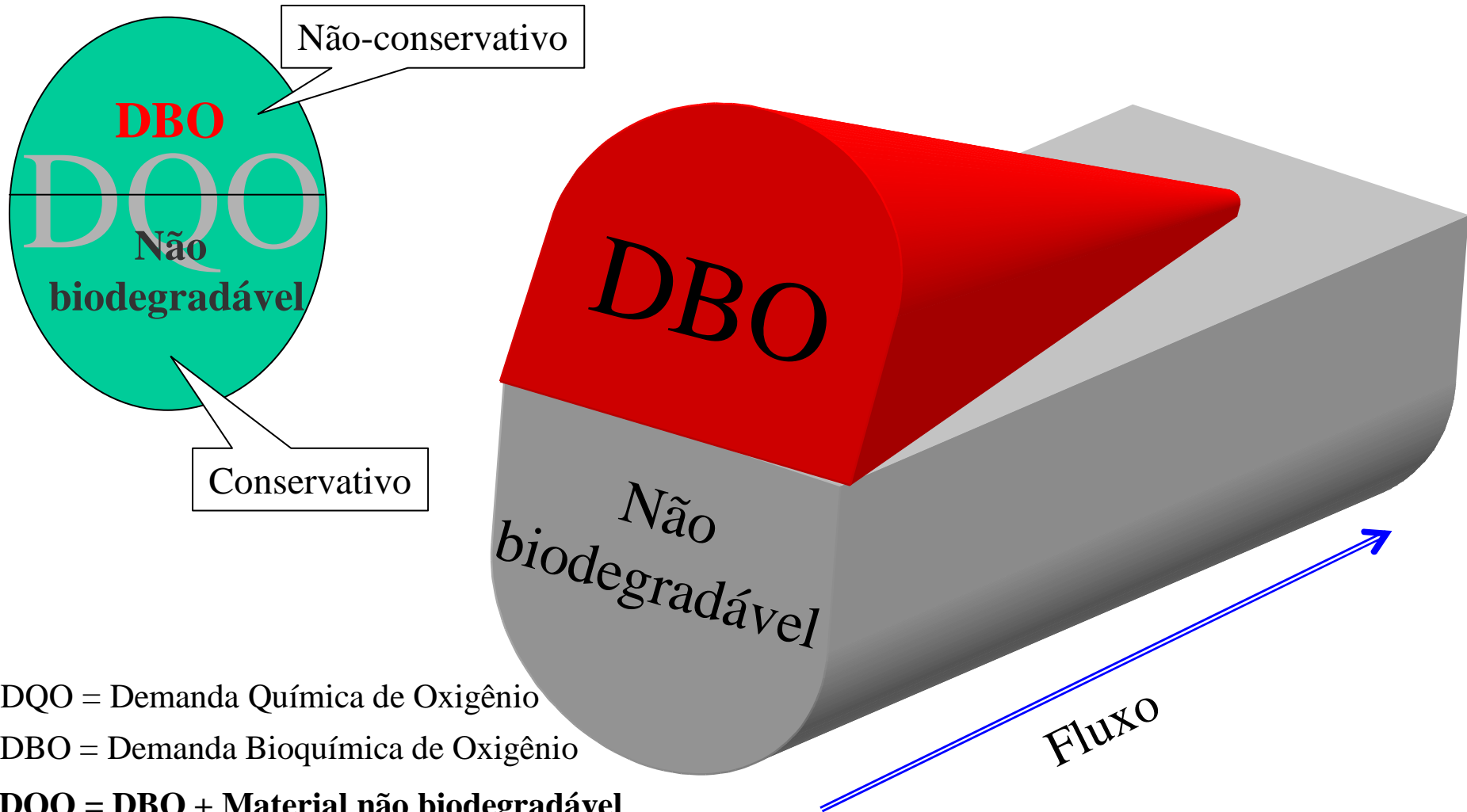


(Fonte: Thomann e Mueller, 1987)

Vazões indisponíveis para DQO

Demanda Química de Oxigênio

(Conservativo e não-conservativo ao mesmo tempo)



DQO = Demanda Química de Oxigênio

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = DBO + Material não biodegradável

Interessado Processo

Regime de captação

☒ Copiar para os demais meses

	Vazão (m3/h)	horas/dia	dias/mês
Janeiro	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Fevereiro	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="28"/>
Março	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Abril	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Maio	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Junho	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Julho	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Agosto	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Setembro	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Outubro	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Novembro	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>
Dezembro	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>

Regime de lançamento*

Vazão (m3/h)

horas/dia

dias/mês

Temp. (°C)

DBO_{5,20} (mg/l)

N total (mg/l)

P total (mg/l)

Categoria

- ☒ Outorga
- ☐ Renovação
- ☐ Alteração

Código do Trecho

Vazão considerada

Qualidade do trecho

Classe enquadramento
Temp. trecho
 °CDBO trecho
 mg/lNtotal trecho
 mg/lPtotal trecho
 mg/l

*Caso os parâmetros sejam iguais aos da água captada, deixe os campos em branco

☐ Considerar cargas estimadas dos municípios

Disponibilidade hídrica e indicadores quantitativos

	Vazão de referência (m3/s)	Comprometimento do usuário (%)	Demandas a montante (m3/s)	Comprometimento do trecho (%)
Janeiro	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="0.42"/>	<input type="text" value="0.15"/>
Fevereiro	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="0.42"/>	<input type="text" value="0.15"/>
Março	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="0.42"/>	<input type="text" value="0.15"/>
Abril	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="1.07"/>	<input type="text" value="0.35"/>
Maio	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="2.07"/>	<input type="text" value="0.66"/>
Junho	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="2.07"/>	<input type="text" value="0.66"/>
Julho	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="2.07"/>	<input type="text" value="0.66"/>
Agosto	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="2.07"/>	<input type="text" value="0.66"/>
Setembro	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="2.00"/>	<input type="text" value="0.64"/>
Outubro	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="1.81"/>	<input type="text" value="0.58"/>
Novembro	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="1.42"/>	<input type="text" value="0.46"/>
Dezembro	<input type="text" value="321.0"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="0.56"/>	<input type="text" value="0.19"/>

Mês mais crítico

Vazões de diluição (m3/s)

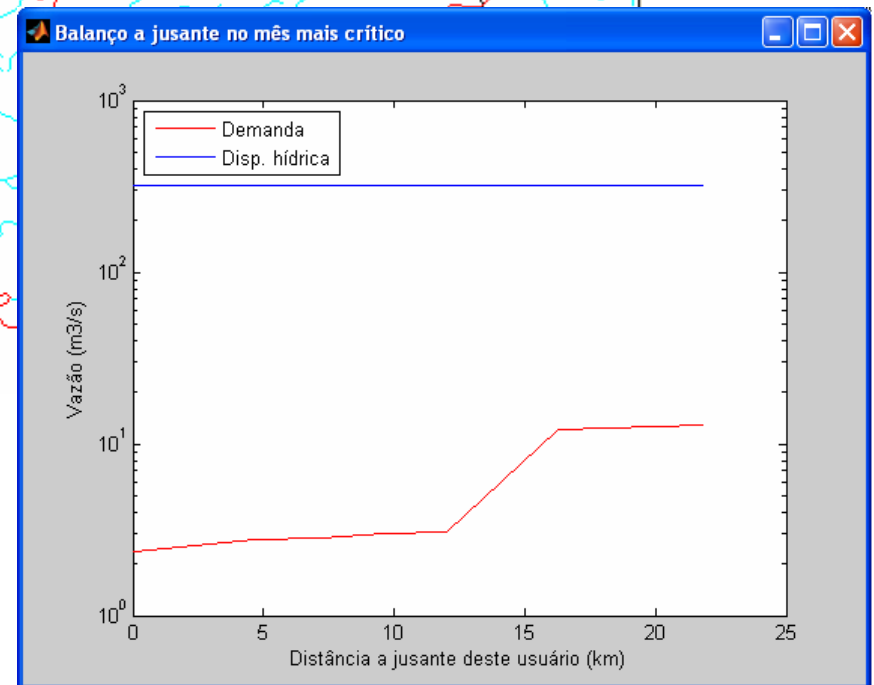
Temperatura
DBO
N total
P total
Parâmetro crítico
Q indisponibilizada

Indicadores qualitativos

Qdil/Qref (%)
Qindisp/Qrem (%)
(Qindisp+Qcon)/Qref (%)

Gráficos

Rio Grande



Situação de difícil solução

- Usuário: SANEAGO de Valparaíso-GO
 - Faz lançamento de esgotos domésticos tratados (94% de remoção de DBO)
 - Vazão indisponível requerida: 2400 L/s para respeitar a Classe II (5 mg/L) do ribeirão Saia Velha
 - O manancial só possui 230 L/s
 - Se a ANA emitir essa outorga, ela será ilegal (fere o art. 13 da Lei n. 9.433/97)
 - Alternativas:
 1. Elevar a remoção de DBO para mais de 99% (!?!?!)
 2. Exportar os esgotos para outro manancial capaz de diluir os efluentes sem ferir a classe de enquadramento (neste caso, esse manancial fica a 30km de distância, em linha reta)
 3. Mudar/relaxar a classe de enquadramento (“colocar o lixo para debaixo do tapete”)

Bacia do rio Paraíba do Sul

DBO (mg/L)

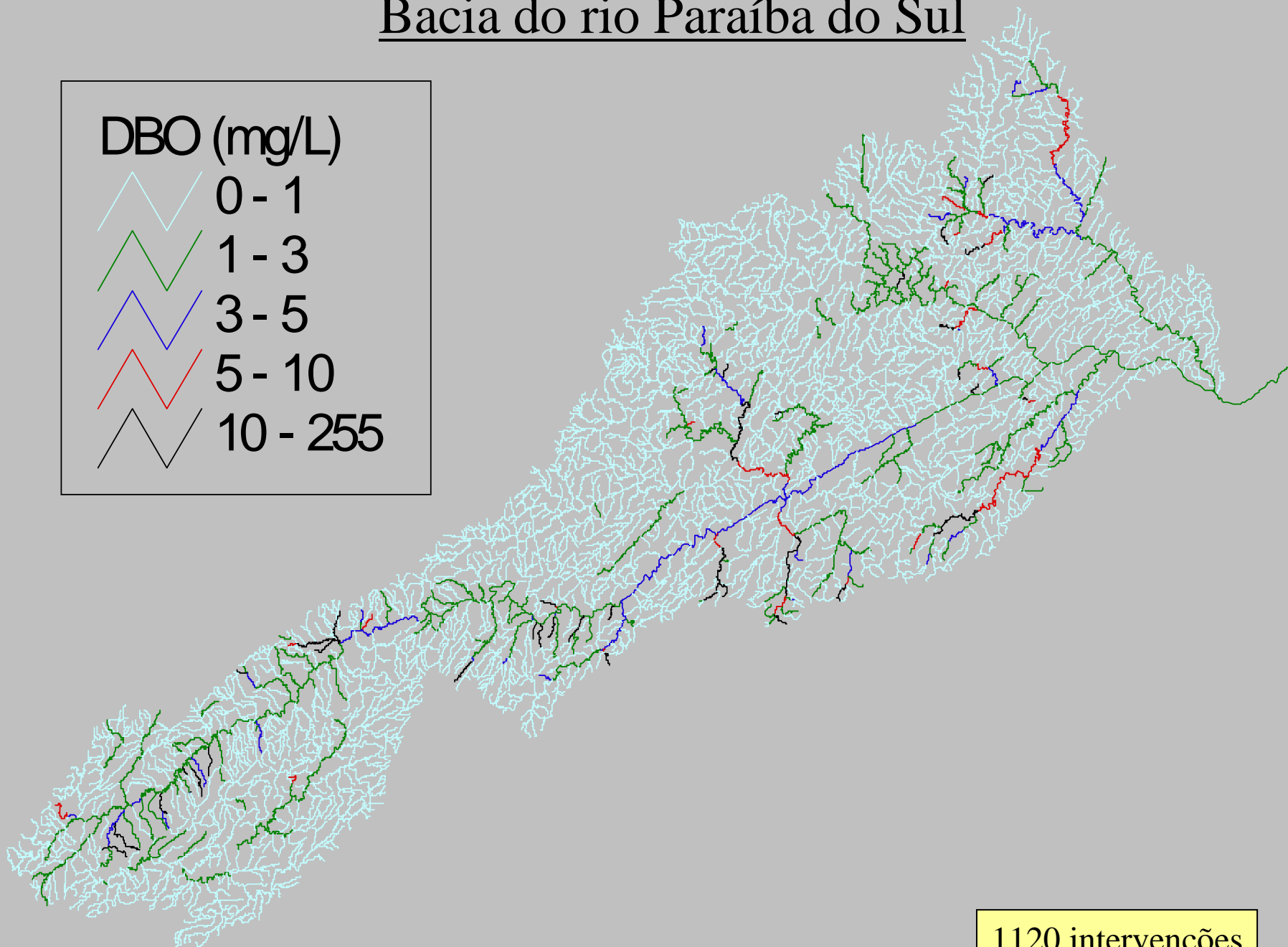
0 - 1

1 - 3

3 - 5

5 - 10

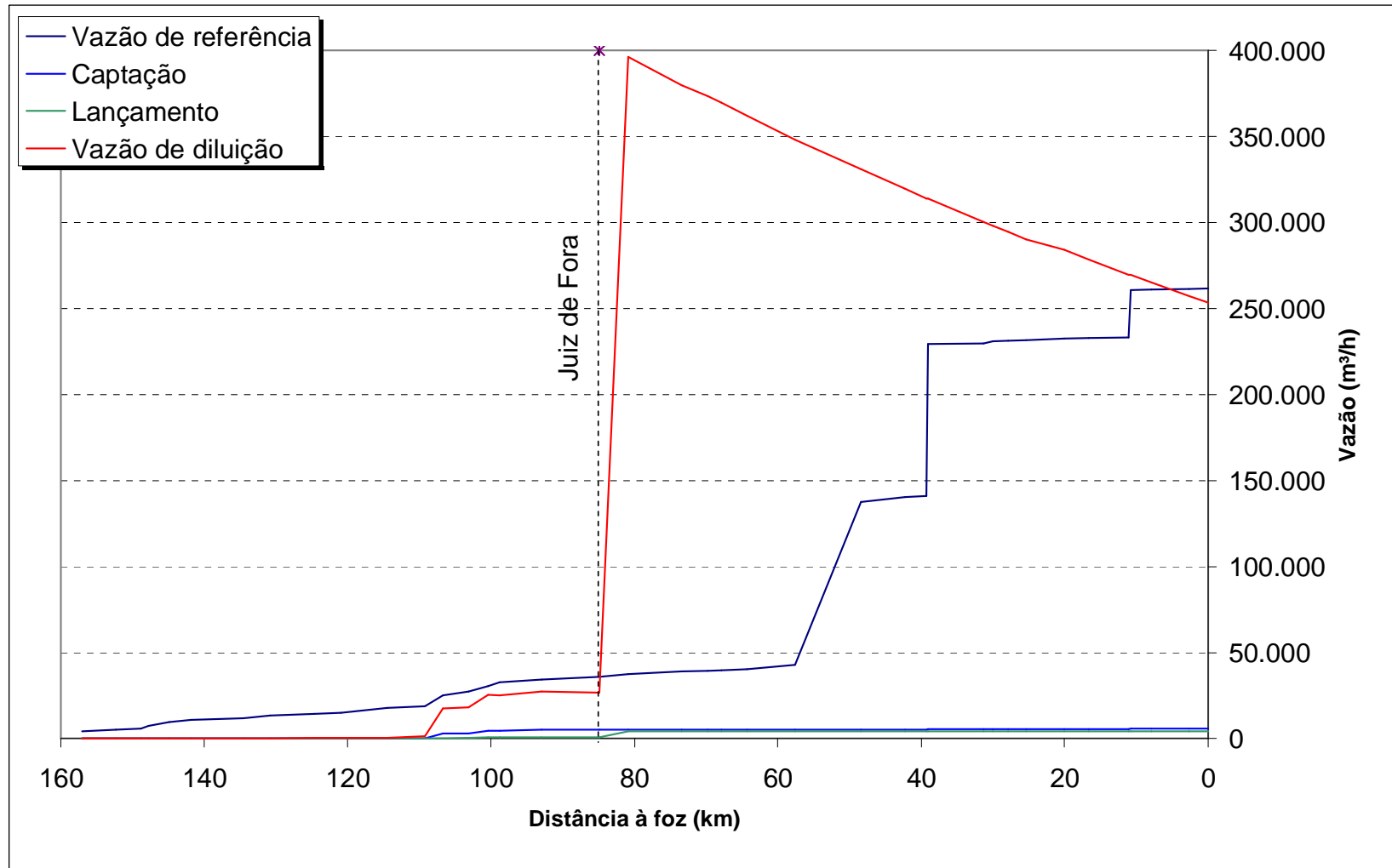
10 - 255



1120 intervenções

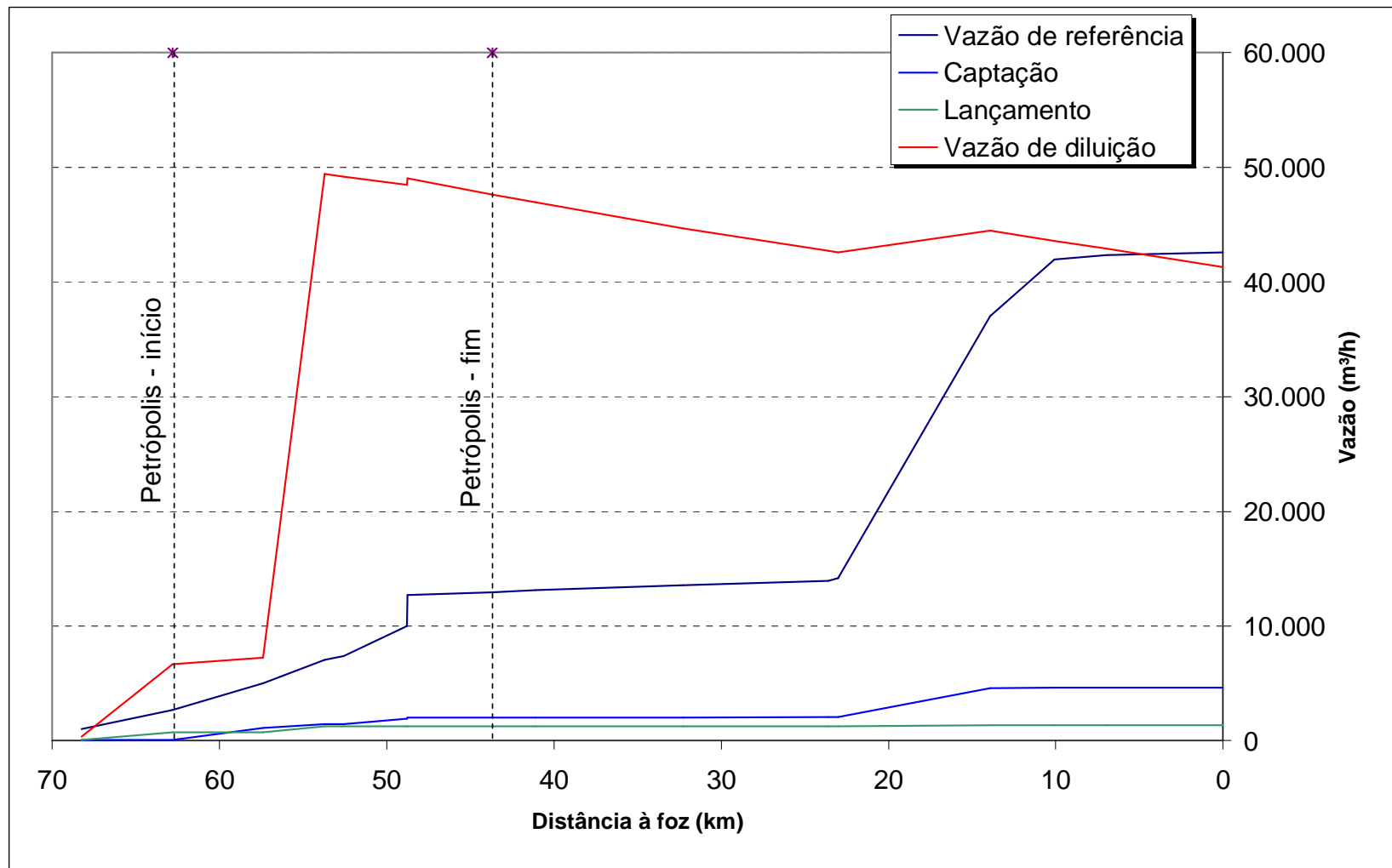
EXPERIÊNCIAS

- Paraíba do Sul: rio Paraibuna



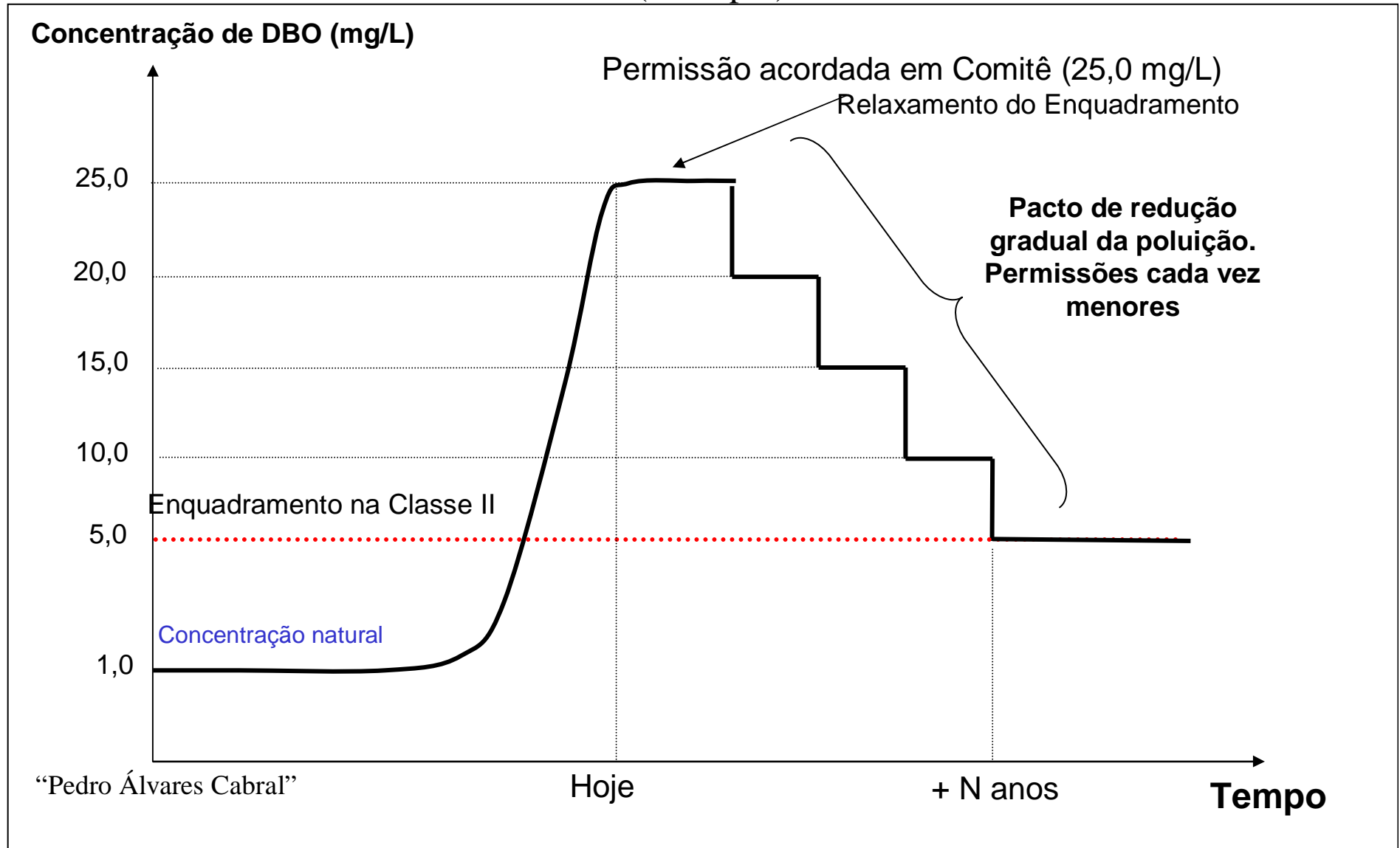
EXPERIÊNCIAS

- Paraíba do Sul: rio Piabanha (RJ)



Pacto de Comitê para redução da poluição

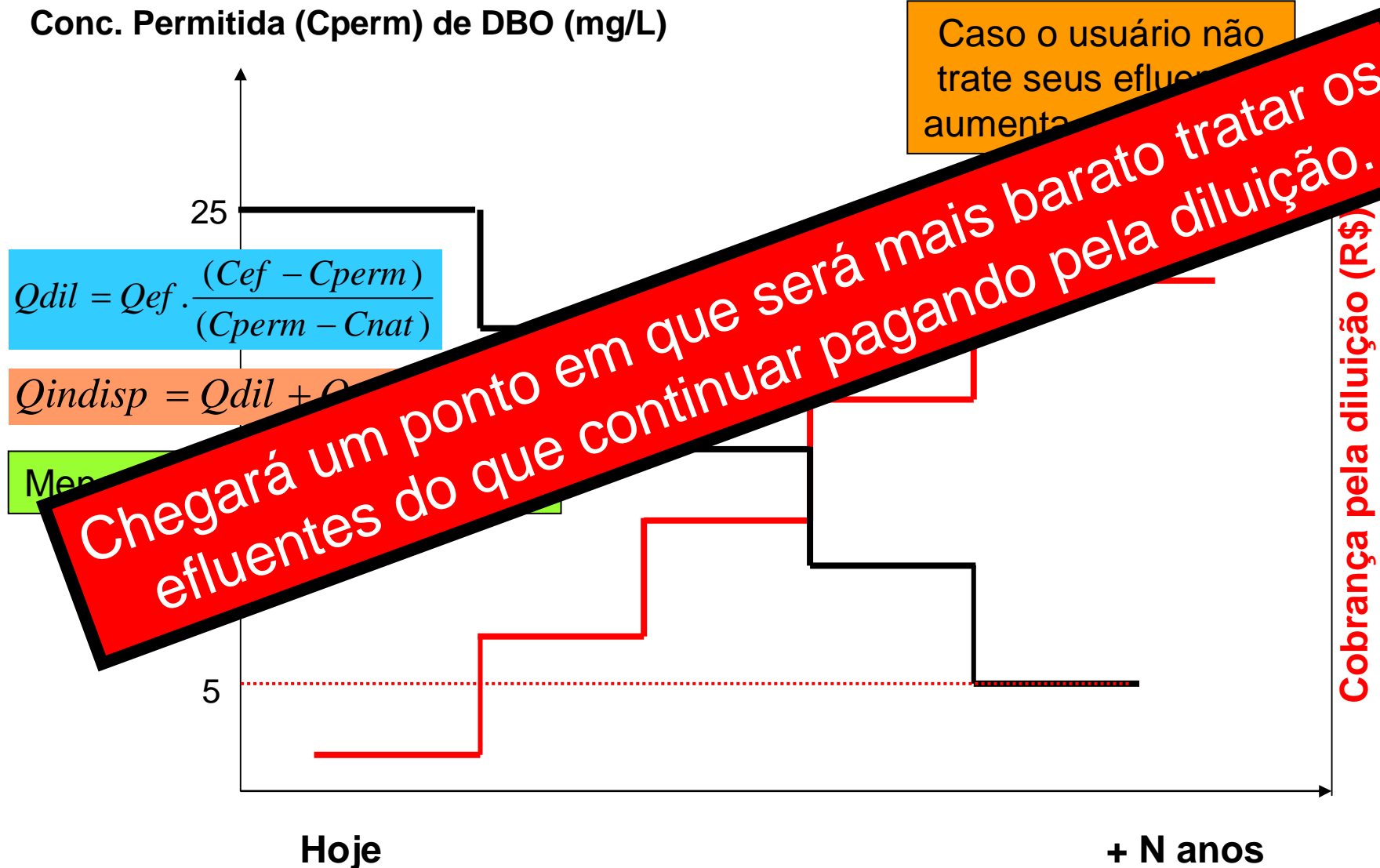
(Exemplo)



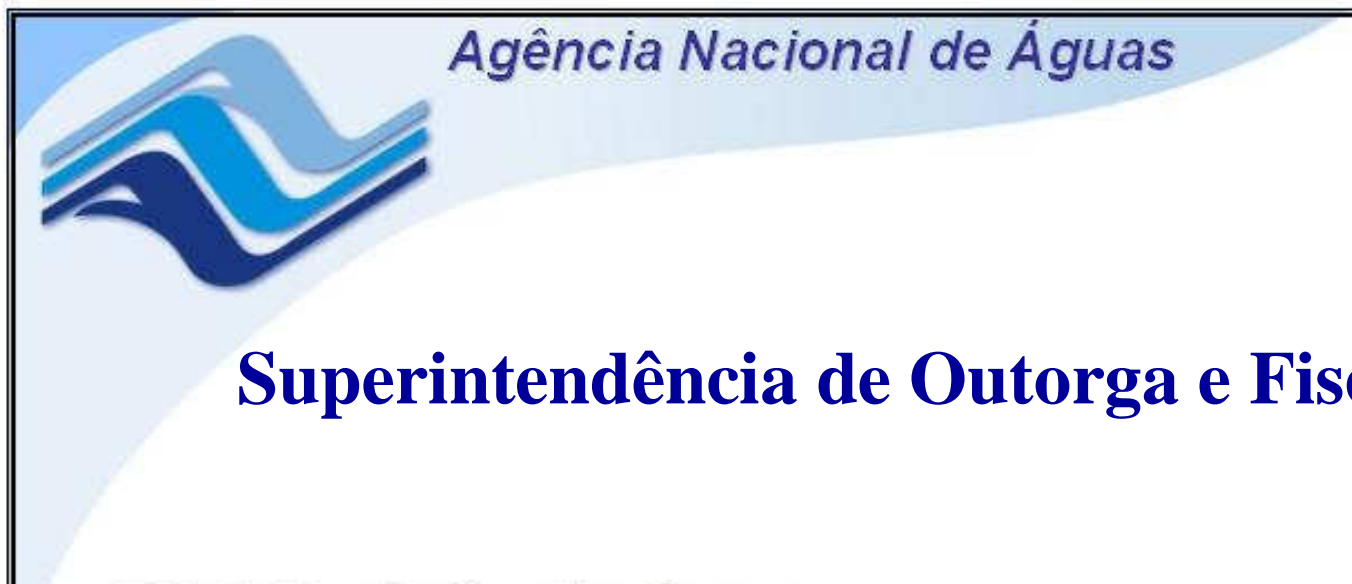
Envolver: Órgão Ambiental, Recursos Hídricos, Comitê, Agência, Conselhos de RH, Ministério Público ...

Pacto de Comitê para redução da poluição

(Exemplo)



E agora, CTPOAR?



Superintendência de Outorga e Fiscalização

Luciano Meneses Cardoso da Silva, D.Eng.

Gerente de Outorga

Especialista em Recursos Hídricos

lmeneses@ana.gov.br

Tel.: (61) 2109-5234

www.ana.gov.br