

# SAÚDE PÚBLICA E SANEAMENTO

## O PAPEL DAS ESCORRÊNCIAS URBANAS

**Paulo J. Ramísio**

Não é um assunto recente

( > 5000 anos)

Vertente qualitativa sem avanços significativos

ESCORRÊNCIAS URBANAS

Apresentam significativas concentrações de poluentes

Não é geralmente previsto qualquer sistema de controlo



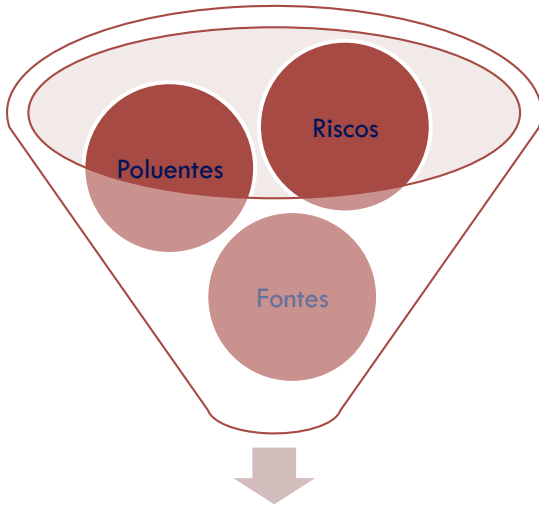
• **Degradação do meio ambiente - ecossistemas.**

• **Problema de Saúde Pública (poluentes bio-cumulativos e persistente). Efeitos crónicos ou agudos.**

• **Agravamento de questões sociais da zona envolvente.**

# ENQUADRAMENTO TEMÁTICO

## FONTES, POLUENTES E RISCOS



**Crescente agravamento da poluição e das questões técnicas e sociais em meio urbano**



- Escorrências em zonas impermeáveis
- Descargas de sistemas unitários e separativos.
- Descargas industriais.



Lixiviação das substâncias depositadas em meio urbano.



- Substâncias orgânicas e inorgânicas
- Substâncias na forma solúvel ou particulada.
- Microrg. patogénicos (ex: Bactérias, vírus).



Origem em processos naturais e actividades humanas criando efeitos crónicos ou agudos.



- Aumento do escoamento superficial e da temperatura.
- Aumentam o risco para a saúde pública (Poluição na água e no solo).



Risco de contaminação e externalidades ambientais.

### FONTES DE POLUENTES

- ❑ Resíduos da combustão. Desgaste dos componentes do veículo.
- ❑ Degradação de materiais de revestimentos urbanos.
- ❑ Derrame de produtos (detergentes, óleos, ...).
- ❑ Desgaste e degradação dos constituintes da estrada (guardas e pavimento rodoviário).
- ❑ Aplicação de substâncias químicas em obras de reparação e/ou manutenção.
- ❑ Fugas e derrames acidentais.
- ❑ Arrastamento de poluentes gerados fora da plataforma rodoviária.



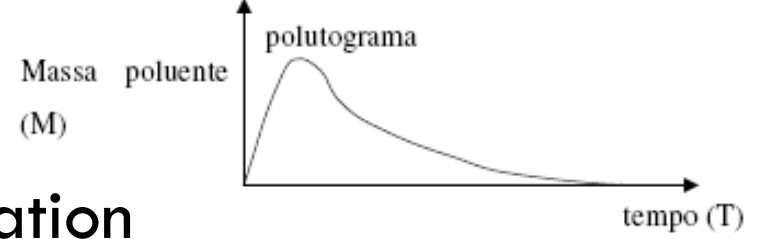
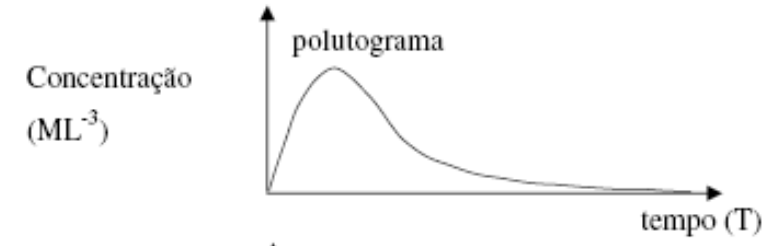
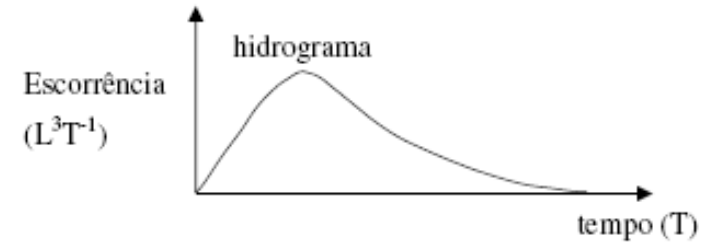
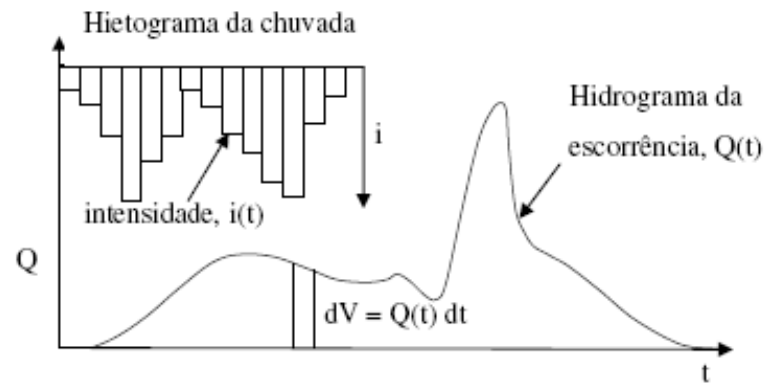
Poluição Crónica



Poluição Sazonal

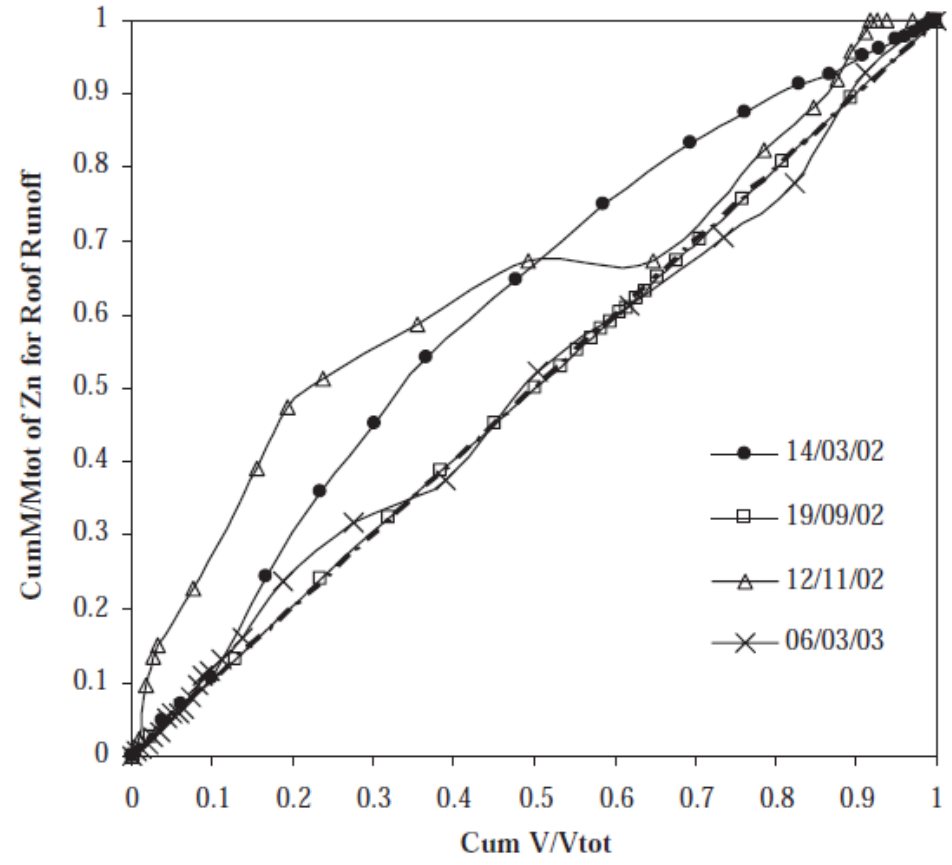


Poluição Acidental

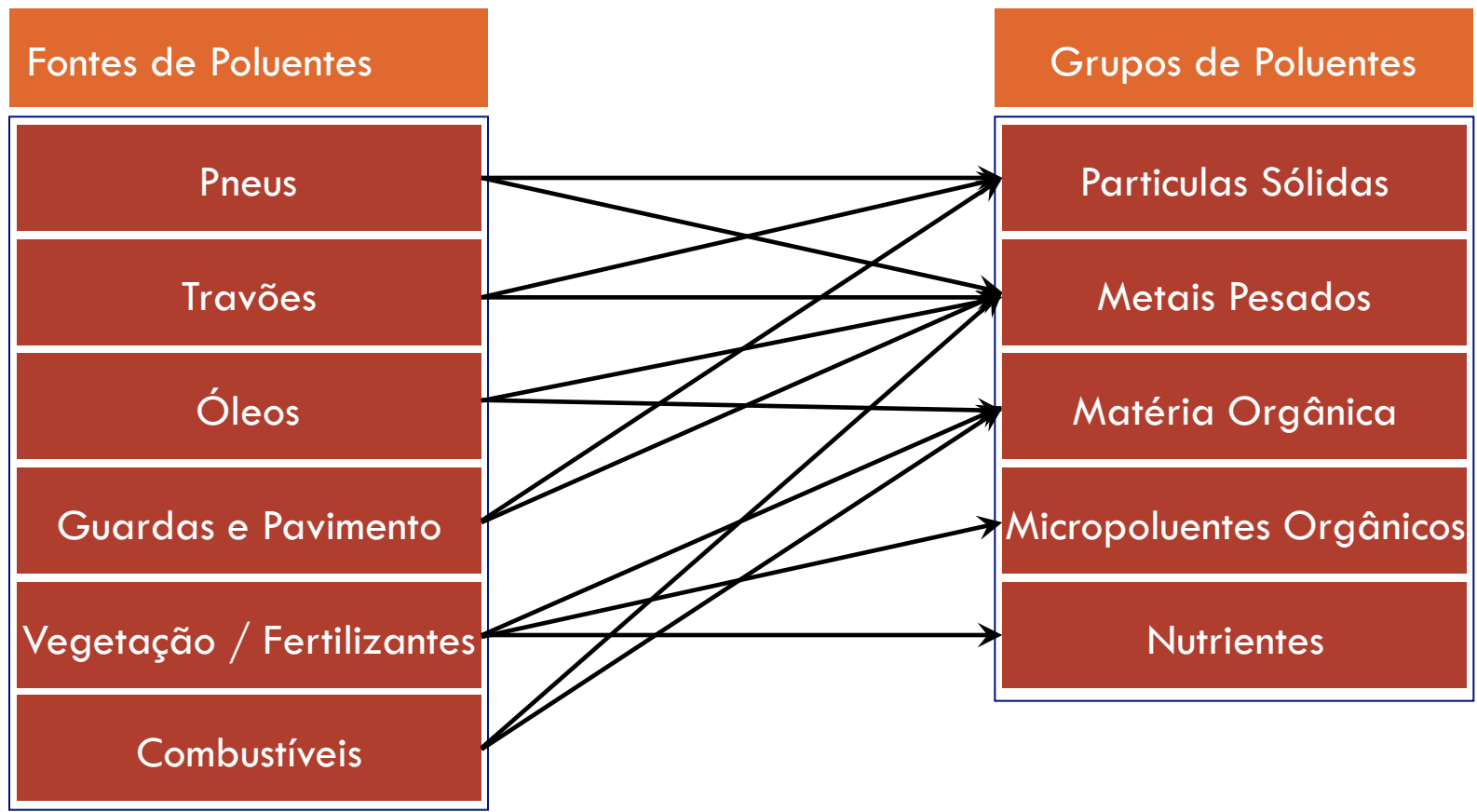


- EMC – Event Mean Concentration
- SMC – Site Mean Concentration

## INTER EVENT ANALYSIS



- Entre 1990 e 1998, cerca de 30.000 hectares (~10 ha/dia) foram usados para construção de rodovias na União Europeia.
- Um grande número de metais pesados e micropoluentes orgânicos aparecem associados ao tráfego automóvel.
- Cu, Pb, Zn e Cd – às vezes também Ni e Cr – são considerados os metais pesados mais importantes associadas, quer a fontes móveis, quer estacionárias.
- Os compostos metálicos dificilmente são degradados no meio ambiente.
- A degradação da qualidade de solos e águas subterrâneas causada por escorrências rodoviárias constitui um assunto de crescente preocupação e interesse.

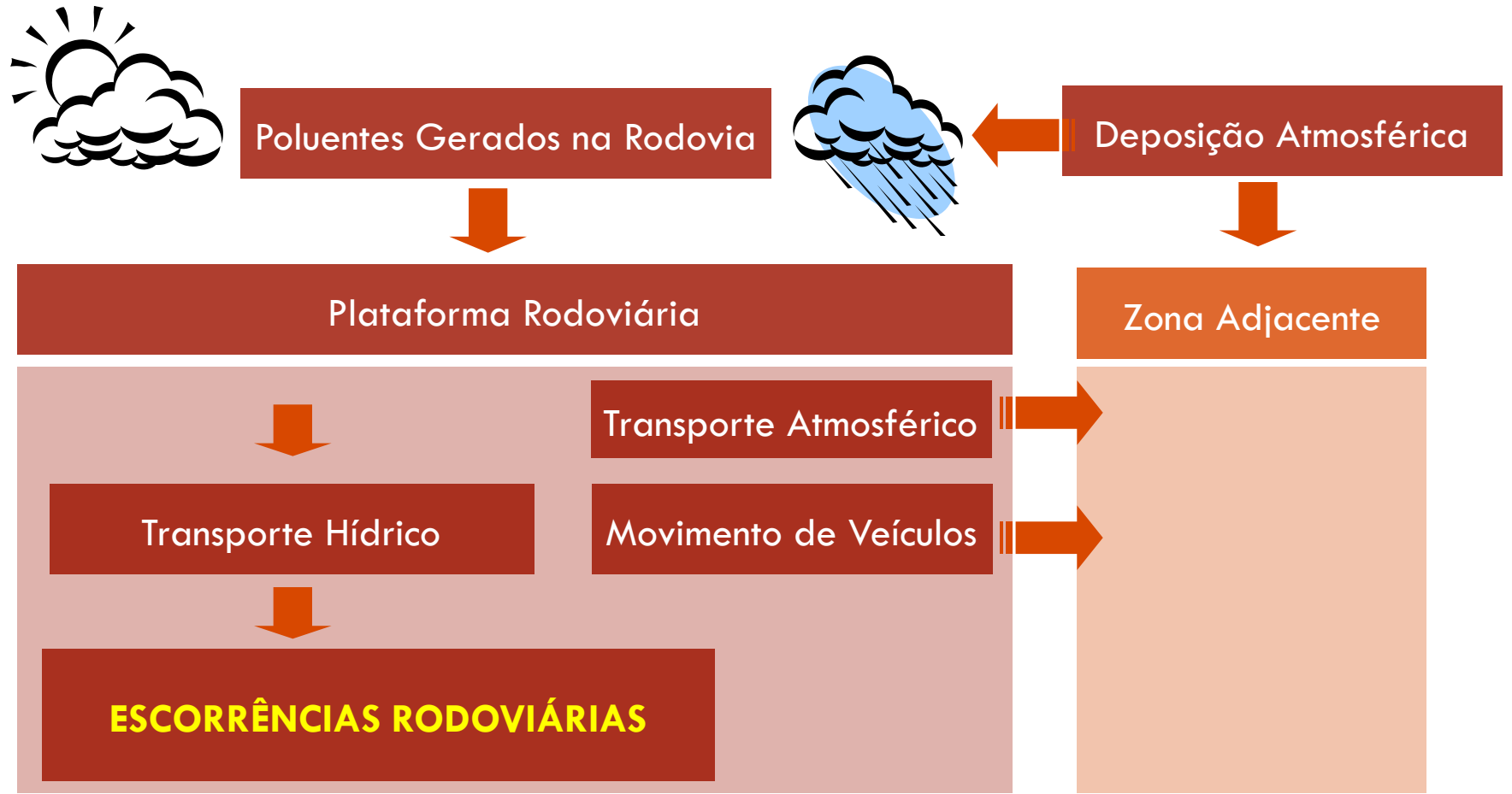




# ENQUADRAMENTO TEMÁTICO

## FORMAÇÃO DAS ESCORRÊNCIAS URBANAS

### DESTINO DOS POLUENTES



## METAIS PESADOS

Event	Zinc (mg/L)			Copper (mg/L)		
	Min.	Max.	Average	Min	Max	Average
1	0,04	0,61	0,27	0,00	0,08	0,04
2	0,28	0,48	0,33	0,04	0,06	0,05
3	0,24	0,44	0,32	0,03	0,05	0,04
4	0,34	0,66	0,45	0,03	0,05	0,04
5	0,14	0,42	0,20	0,01	0,03	0,02
6	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02
7	0,14	0,37	0,20	0,02	0,04	0,03
8	0,00	0,63	0,19	0,01	0,04	0,02
9	0,00	0,30	0,04	0,01	0,01	0,01
10	0,10	0,14	0,12	0,01	0,01	0,01

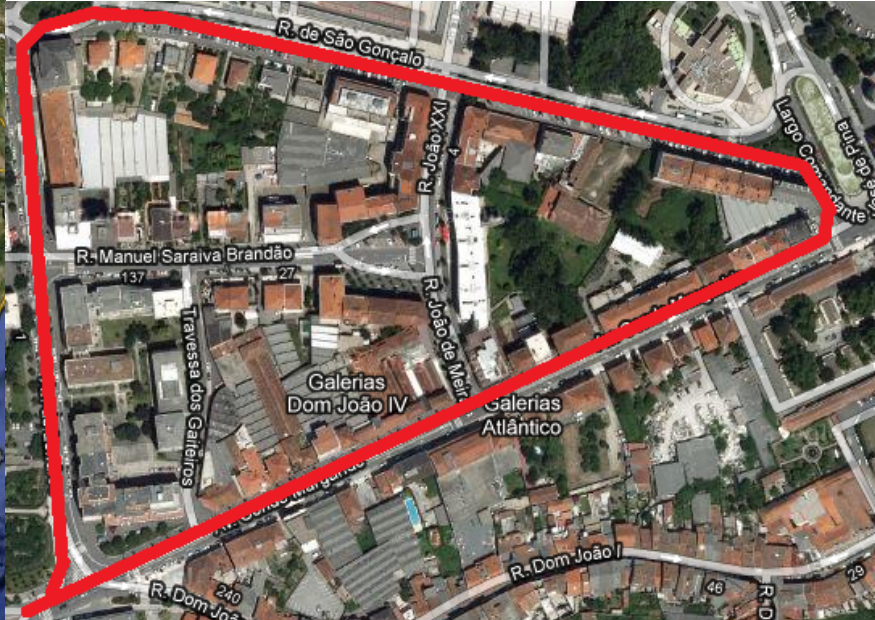
Event	Lead (µg/L)			Chromium (µg/L)		
	Min.	Max.	Average	Min	Max	Average
1	0,00	24,60	4,44	0,00	3,10	0,63
2	2,00	122,00	26,58	0,00	4,60	1,03
3	1,00	7,40	3,98	0,00	2,10	0,42
4	0,00	4,95	1,03	0,00	1,20	0,56
5	0,50	8,90	2,31	0,00	2,80	0,79
6	1,40	5,20	3,10	0,10	9,20	1,61
7	0,10	17,70	3,66	0,30	0,80	0,48
8	0,20	27,70	7,59	0,10	1,50	0,59
9	3,60	11,50	5,90	0,00	0,40	0,05
10	0,00	1,80	0,49	0,00	0,60	0,21

## MATÉRIA ORGÂNICA

Event	COD (mg/L O <sub>2</sub> )			BOD (mg/L O <sub>2</sub> )		
	Min.	Max.	Average	Min	Max	Average
1	47,00	70,50	56,44	1,42	6,86	2,52
2	32,00	62,00	46,25	0,00	5,28	2,63
3	24,50	47,50	34,81	0,00	1,08	0,14
4	25,00	43,00	32,38	2,96	7,51	3,97
5	0,00	32,00	10,26	0,59	6,08	1,79
6	0,00	16,50	6,35	0,00	1,38	0,18
7	1,09	4,28	1,91	1,09	4,28	1,92
8	6,49	68,19	21,31	1,39	6,97	2,64
9	0,00	11,20	6,34	0,00	2,78	1,66
10	0,00	11,00	6,47	0,05	1,54	0,39

Event	TOC (mg/L O <sub>2</sub> )		
	Min.	Max.	Average
1	13,75	16,65	15,50
2	11,40	16,50	14,24
3	7,70	11,90	9,86
4	9,37	13,05	10,64
5	2,45	6,84	3,72
6	2,35	3,19	2,55
7	1,63	6,40	3,64
8	2,50	5,80	3,38
9	1,60	2,00	1,74
10	0,86	1,48	1,21

## CASO DE ESTUDO: GUIMARÃES



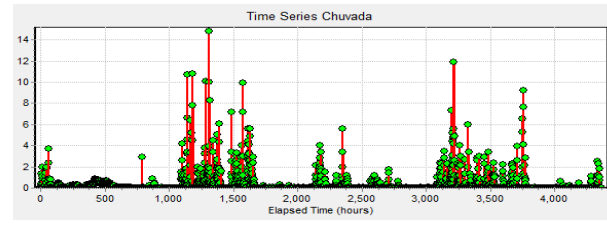
## STORM WATER MODELLING MODEL - SWMM

Quality

- Pollutants
- Land Uses

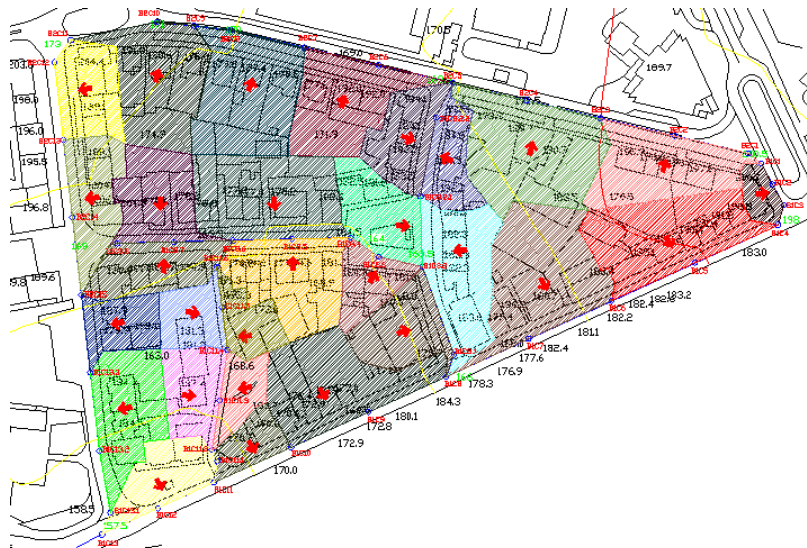
Curves

- Control Curves
- Diversion Curve



+ - ↗  
 ↑ ↓ ↕

- Pollutants
- SST
  - P
  - N
  - CQO
  - CBO
  - Pb
  - Zn
  - Cu
  - Cd
  - Colifecais



Quality

- Pollutants
- Land Uses

Curves

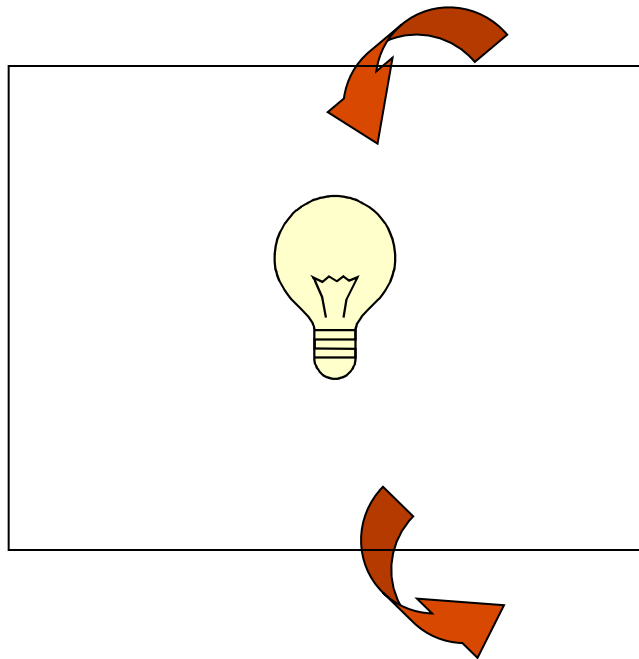
- Control Curves
- Diversion Curve

+ - ↗  
 ↑ ↓ ↕

- Land Uses
- Residencial
  - Comercial

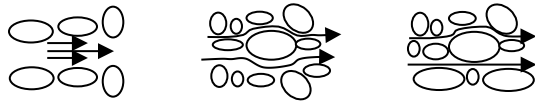
	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	Lead (mg/l)	Zinc (mg/l)	Copper (mg/l)	Cadmium (mg/l)
Duncan (2003)	145	105	14	0,155	0,2425	0,058	0,0035
Schueler <i>et al.</i> (2007)	59	53	8,6		0,116	0,016	
Gromaire-Mertz <i>et al.</i> (1999)	65	85,67	19	0,244	1,512	0,04	0,009
Atassi <i>et al.</i> (2003)	370		115	0,37			
	100	65	9	0,144	0,16	0,034	
	182,5	82,5	115	0,1825	0,2025	0,043	
	180	82	12	0,182	0,202	0,043	
Gnecco <i>et al.</i> (2005)	151	74,33		0,023	0,068	0,013	
USEPA (2009)	180-548	82-178	12-19	0,182- 0,443	0,202- 0,633	0,043- 0,118	

TSS (mg/l)	P (mg/l)	N (mg/l)	COD (mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)
156,584	0,614	4,683	78,214	27,014	0,186	0,358	0,0353	0,00625



## Processos associados ao transporte

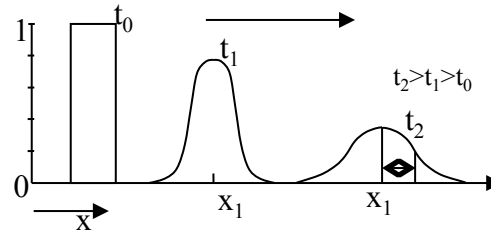
Advecção, Dispersão Hidrodinâmica (mistura mecânica e difusão molecular)



a) Atrito b) Dimensão do canal c) Tortuosidade

$$M_{soluto} = nCv_x dA$$

$$M_{soluto} = D_x \frac{\partial nC}{\partial x} dA$$



$$F_x = nCv_x - nD_x \frac{\partial C}{\partial x}$$

$$F_y = nCv_y - nD_y \frac{\partial C}{\partial y}$$

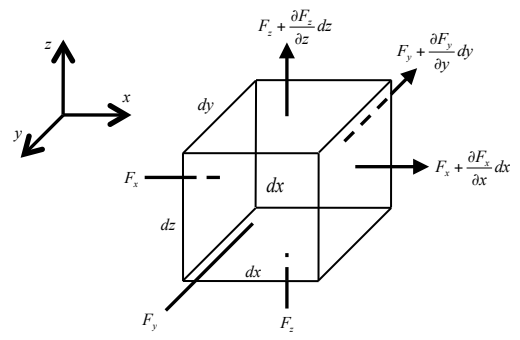
$$F_z = nCv_z - nD_z \frac{\partial C}{\partial z}$$

## Processos da Interação Solo-Polvente

Sorção, Permuta Iónica, Precipitação-Dissolução,  
Complexação, Reacções de Oxidação-Redução.



### Equação de transporte



$$\left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \right] - \left[ \frac{\partial}{\partial x} (v_x C) + \frac{\partial}{\partial y} (v_y C) + \frac{\partial}{\partial z} (v_z C) \right] = \frac{\partial C}{\partial t}$$

$$\left[ D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right] - \left[ v_x \frac{\partial C}{\partial x} + v_y \frac{\partial C}{\partial y} + v_z \frac{\partial C}{\partial z} \right] = \frac{\partial C}{\partial t}$$

$$D_l \frac{\partial^2 C}{\partial l^2} - v_l \frac{\partial C}{\partial l} = \frac{\partial C}{\partial t}$$

### Equação de transporte com termo reactivo

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\rho_d}{n} \frac{\partial S}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} + \left( \frac{\partial C}{\partial t} \right)_{\text{reação}} = \frac{\partial C}{\partial t}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} R_{FG}(C) &= D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} \\ \frac{\partial C}{\partial t} &= D'_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v'_x \frac{\partial C}{\partial x} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial S}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} \quad \frac{\partial S}{\partial C} = Kd$$

## Sistemas de controlo:

- Têm de ser caracterizados por um **funcionamento simples e robusto**.
- **Poucas exigências na operação e manutenção.**

## Principais objectivos:

- Melhorar as condições hidráulicas.
- Remover/Reter os principais poluentes associados às escorrências.
- Preservar os sistemas naturais existentes.

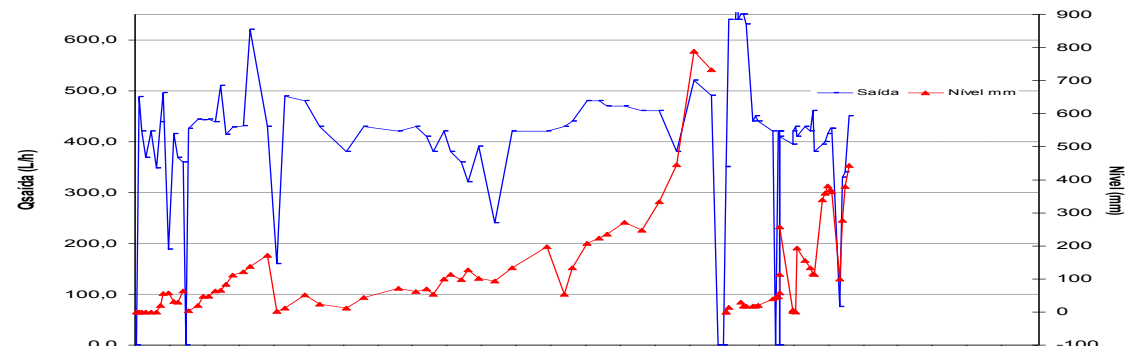
## Sistemas de tratamento:

- Valas com vegetação;
- Sistemas de detenção / retenção;
- Sistemas de infiltração;
- Sistemas de filtração.

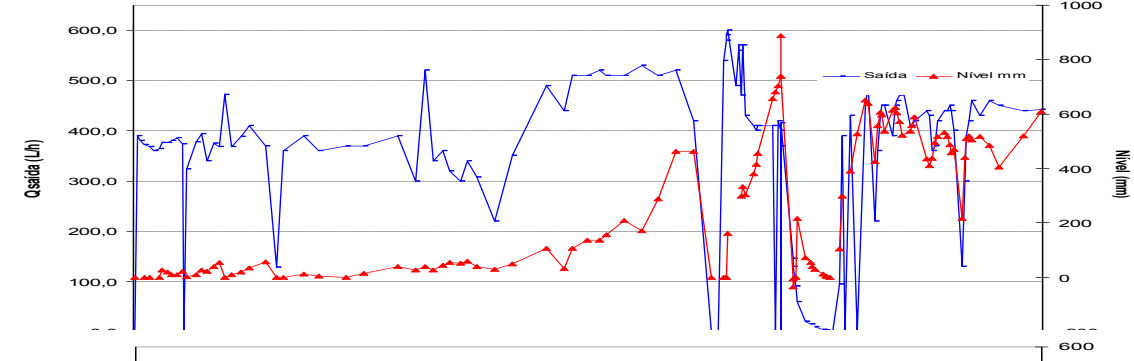
- A utilização de **diferentes dispositivos de controlo** pode permitir um **melhor desempenho global** do sistema. Na verdade, uma combinação de medidas de controlo de escoamento é recomendada sempre que possível (Burch *et al.*, 1985).
- Os **dispositivos de infiltração** devem ser **protegidos** de grandes cargas de sedimentos.
- As **lagoas de retenção** não devem ser usadas a montante de sistemas de **infiltração**, pois aquelas podem descarregar grandes cargas de sedimentos e matéria em decomposição, que pode colmatar os dispositivos de infiltração.
- Vários **manuals de projecto para estruturas de controlo** de escoamento estão actualmente disponíveis. A maioria destes apresenta critérios de selecção dos diferentes sistemas, em função das características específicas de cada local.

# SISTEMAS DE FILTRAÇÃO REATIVA

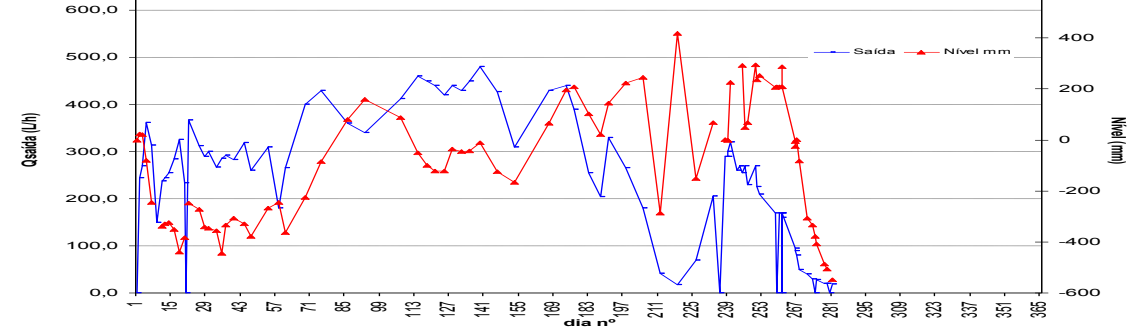
Coluna  
C1



Coluna  
C2



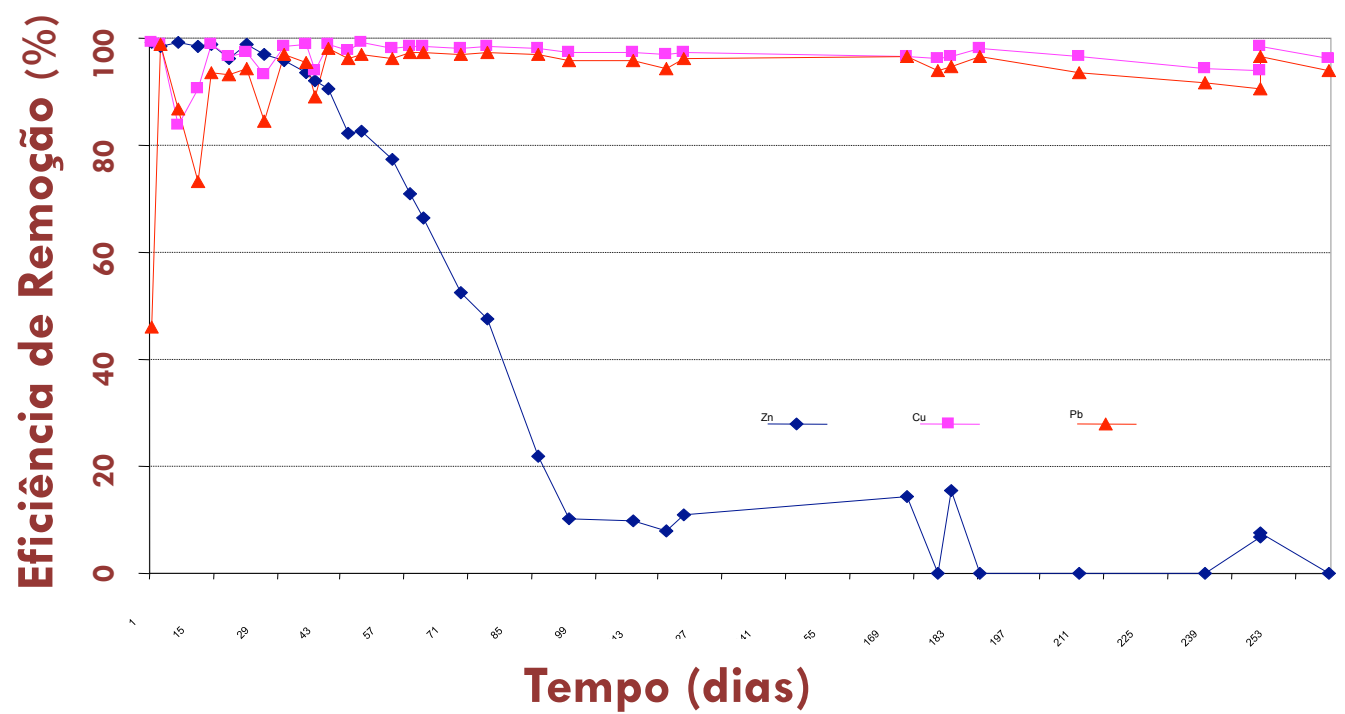
Coluna  
C3



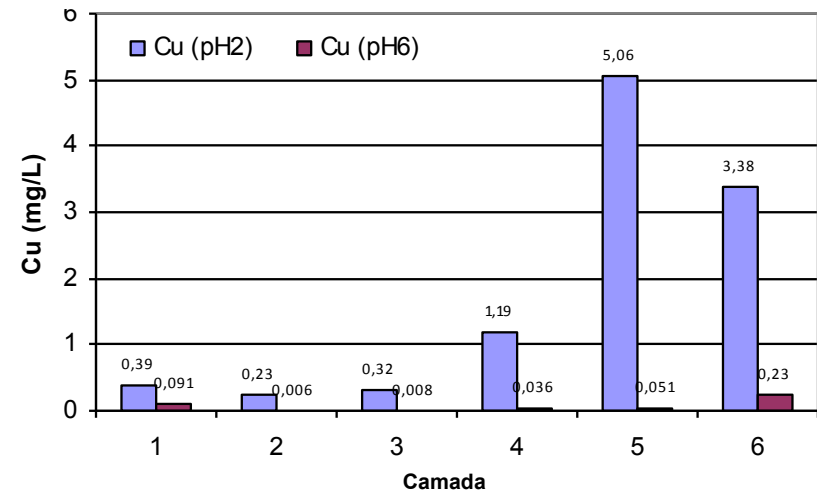
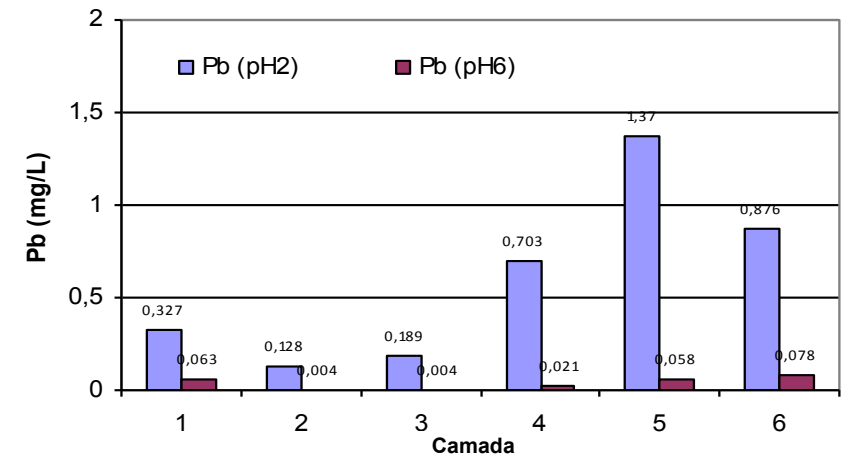
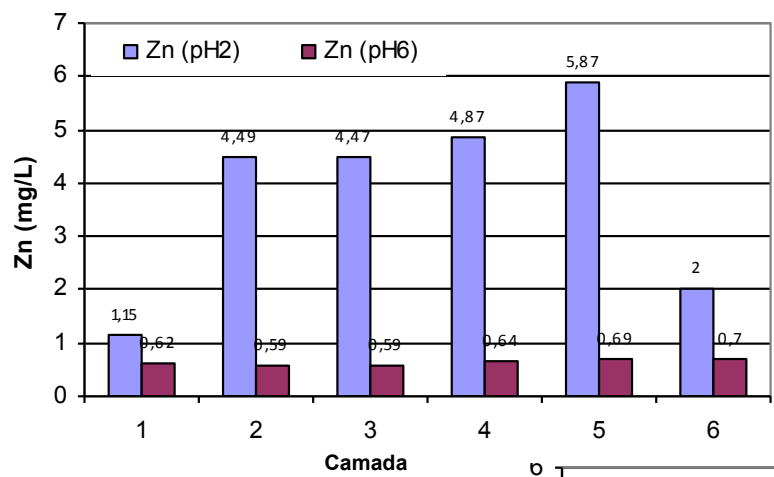
## CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Legenda:  
— Caudal (mL/h)  
— Carga Hidráulica (mm)

### COLUNA C2



## COLUNA C2



- **O Zn é o metal que apresenta normalmente a maior mobilidade.**
- **Grandes eficiências de retenção de Cu e Pb.**
- As grandes eficiências de remoção de Cu e Pb, verificadas depois de um período experimental de aproximadamente um ano, demonstram a **grande longevidade deste filtro.**



- A **Carga Poluente** associada a escorrências urbanas e rodoviárias é significativa.
- Os poluentes presentes, muitos de **natureza bio-cumulativa e persistente, podem ter um forte impacto ambiental nos ecossistemas e na saúde pública.**
- A modelação dos fenómenos associados permite a estimação da cargas poluentes.
- Os **sistemas naturais** demonstram-se como soluções de fácil construção e exploração, e **eficazes para o controlo/retenção destes poluentes**, comprovado pela sua grande eficiência de remoção de metais pesados.



Obrigado pela vossa atenção