

A photograph showing a polluted urban stream. The water is murky brown and filled with debris, including plastic bottles, sticks, and other trash. The stream is surrounded by lush green trees and vegetation. In the background, there are several buildings, including a prominent white two-story building with a window. The sky is blue with some clouds.

# A Água no meio urbano

**Profa. Dra. Simone Rosa da Silva**

# Águas Urbanas

## Gestão Integrada das Águas Urbanas

- Urbanização, abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e inundações ribeirinhas, resíduos sólidos e saúde.
- Gestão da cidade e da bacia.

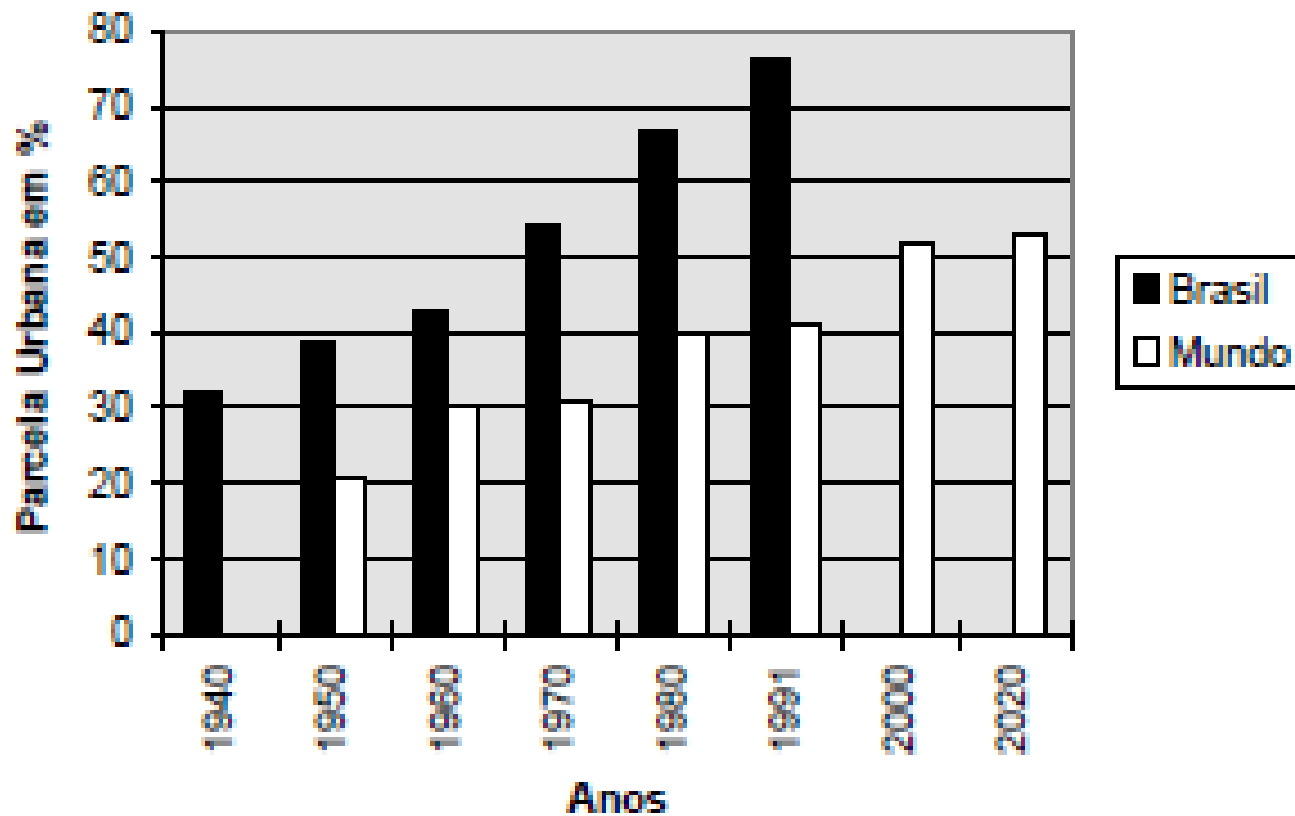
# Águas Urbanas

- Visão de conjunto da infra-estrutura urbana;
- Relação entre o uso do solo e os elementos das águas urbanas;
- Impactos sobre a população e sobre os sistemas;
- Cenários dos países

# Desenvolvimento urbano

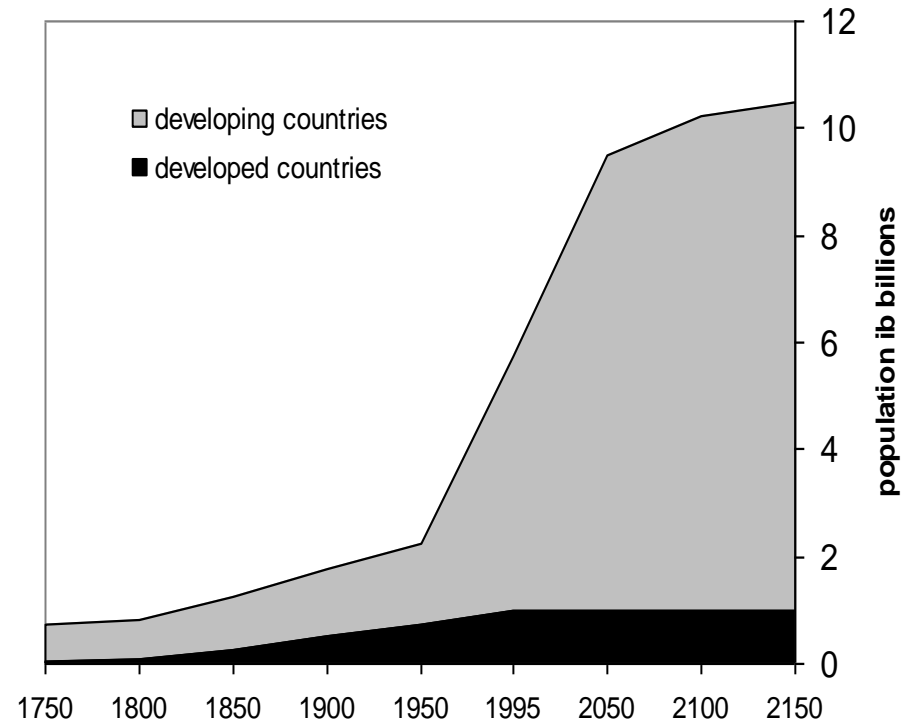
- Crescimento da população
- Grandes cidades e regiões metropolitanas
- Desenvolvimento irregular
- Cidade legal e ilegal
- Gestão do uso do solo e infra-estrutura urbana nas cidades

# Desenvolvimento urbano



# Crescimento Urbano

- Grande taxa de crescimento em países em desenvolvimento;
- Redução nos países desenvolvidos
- Taxa de estabilização de 2,1 filhos por casal
- Fator importante é a taxa de urbanização



# Urbanização

- Taxa muito alta na América do Sul > 75%
- Países de grande população como China e Índia (22%) possuem pequena taxa de urbanização
- 8 das 10 maiores cidades do mundo estão nos países em desenvolvimento
- Gestão deficiente das cidades nos países em desenvolvimento, potencializando os problemas

City	Population Millions
Tokyo	27,8
Bombay	18,0
Sao Paulo	17,8
Shanghai	17,0
New York	16,6
Mexico City	16,3
Peking	14,2
Djakarta	14,0
Lagos	13,5
Los Angeles	13,0

# Crescimento da população nas Américas

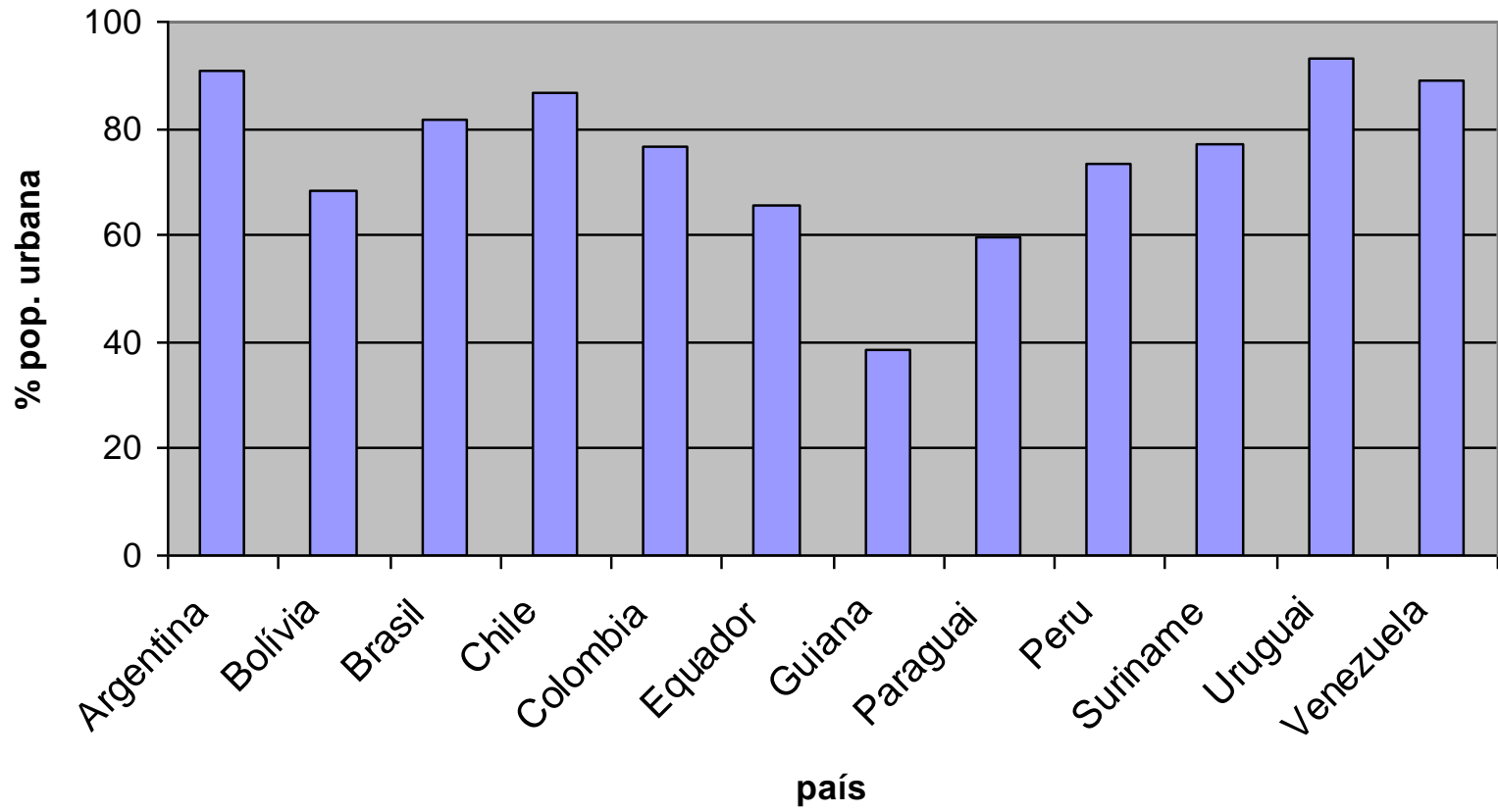
- *América Latina e Caribe* aumento de 100 milhões (1930) para 519 milhões (2002) (419% em 73 anos).
- *US* aumentou de 123 milhões (1930) para 290 milhões (2002) (120% em 73 anos)
- *Canadá* 10,3 milhões (1930) para 35 milhões (2002) (250% em 73 anos)
- América Latina e Caribe, urbanização média de 79% e proporção média de crescimento urbano de 1,5%.
- In 1900, 13% of the global population was urban; in 2007 it increased to 49.4%, occupying only 2.8% of global territory . In 2050 it was forecasted to be 69.6% of the world's urban population (UN,2009).



# População e urbanização na América do Sul

País	População mil	% do total	% urbana	população urbana mil
Argentina	39302	10,6	90,6	35608
Bolívia	9275	2,5	68,2	6326
Brasil	181604	48,9	81,7	148370
Chile	16136	4,3	86,9	14022
Colombia	46039	12,4	76,6	35266
Equador	13798	3,7	65,8	9079
Guiana	768	0,2	38,5	296
Paraguai	6216	1,7	59,7	3711
Peru	27947	7,5	73,5	20541
Suriname	426	0,1	77,2	329
Uruguai	3455	0,9	93,1	3217
Venezuela	26468	7,1	88,8	23504
<b>total</b>	<b>371434</b>	<b>100,0</b>	<b>80,8</b>	<b>300267,51</b>

# População urbana



# Efeitos da urbanização no crescimento

- Redução da natalidade
- Tendência global de redução do crescimento populacional
- Grande crescimento em áreas reduzidas com super-exploração de recursos naturais;
- Impactos ambientais, sociais e de saúde interconectados

# Impactos da urbanização

- O crescimento urbano compete por todos os recursos naturais: água, ar e solo em pequeno espaço.
- A complexa interação entre sociedade no tempo e espaço pode gerar conflitos, que se ficarem sem controles impactam a própria sociedade e meio ambiente na forma de redução da qualidade de vida por doenças, criminalidade, inundações, falta de água, aquecimento e redução do ambiente.

# Regiões Metropolitanas

- Tendência na maioria das cidades de crescimento alto na periferia e baixo no núcleo central das grandes cidades.
- Desenvolvimento irregular na periferia com importante impacto sobre as áreas de mananciais.
- Necessidade de adequação da legislação de mananciais e desenvolvimento de infraestrutura que iniba a irregularidade.
- O desenvolvimento urbano é a fonte do impacto na água.

Cidade	População em 1996 Milhões	Aumento do núcleo entre 91 e 96 %	Aumento da periferia entre 91 e 96 %
S. Paulo	16,667	2	16,3
R. de Janeiro	10,532	1,3	7,1
B. Horizonte	3,829	3,5	20,9
P. Alegre	3,292	2,0	9,4
Recife	3,258	3,7	7,4
Salvador	2,776	6,6	18,1
Fortaleza	2,639	11,1	14,7
Curitiba	2,349	12,3	28,2
Belém	1,629	-8,1	157,9

Fonte: IBGE

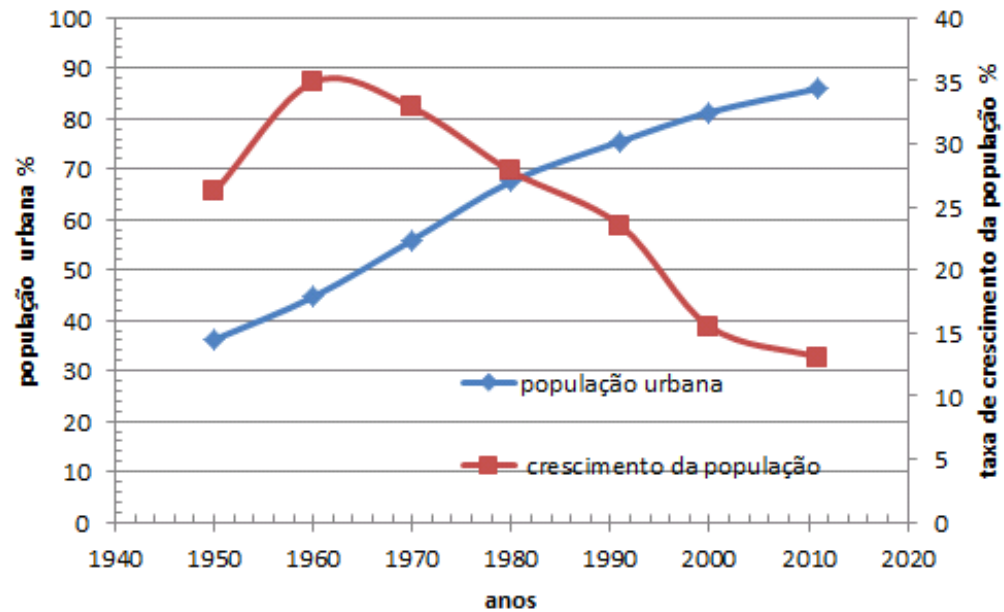
# Regiões Metropolitanas

Região Metropolitana	População em 2010 - Milhões	Aumento do Núcleo entre 2000 e 2010 - %	Aumento da Periferia entre 2000 e 2010 - %	Aumento da população entre 2000 e 2010 - %
São Paulo	19,684	7,8	13,2	10,1
Rio de Janeiro	11,836	7,9	9,5	8,6
Belo Horizonte	5,415	6,1	17,8	12,3
Porto Alegre	3,959	3,6	11,0	8,2
Recife	3,690	8,1	12,4	10,6
Salvador	3,574	9,5	55,3	8,3
Fortaleza	3,616	14,5	-21,7	32,6
Curitiba	3,174	10,4	24,8	16,4
Belém	2,102	8,8	37,6	17,1

Fonte: IBGE (2010)

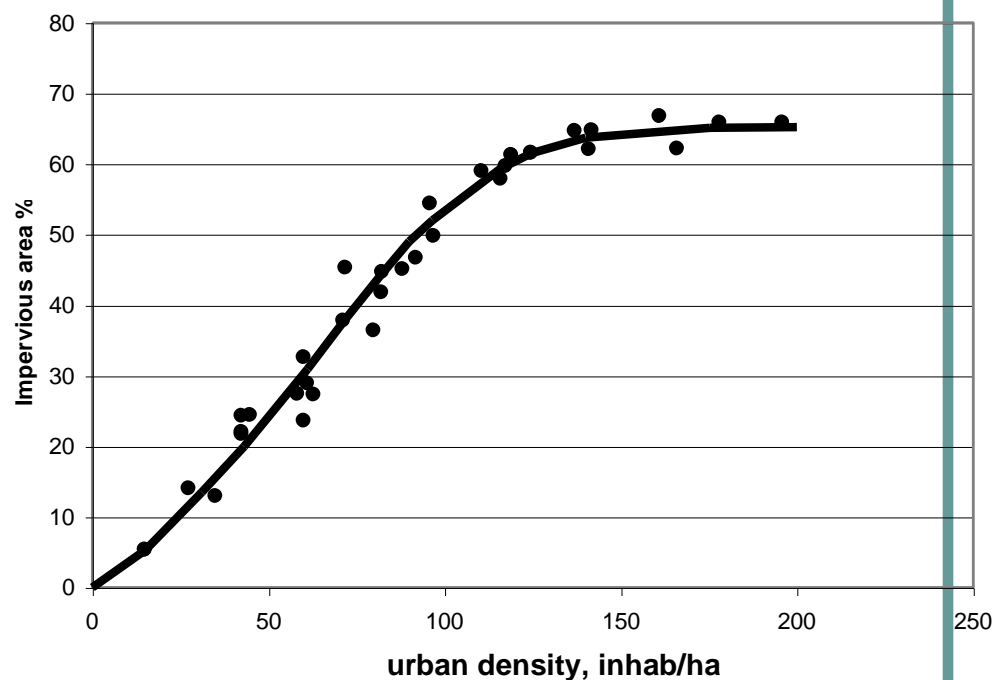
# População urbana do Brasil

- Redução da taxa de crescimento com a urbanização.
- No primeiro estágio é o movimento rural para urbano na busca de emprego.
- No segundo estágio com a melhoria econômica a redução da densidade (0,2% ao ano).



# Relação entre ocupação e áreas impermeabilizadas

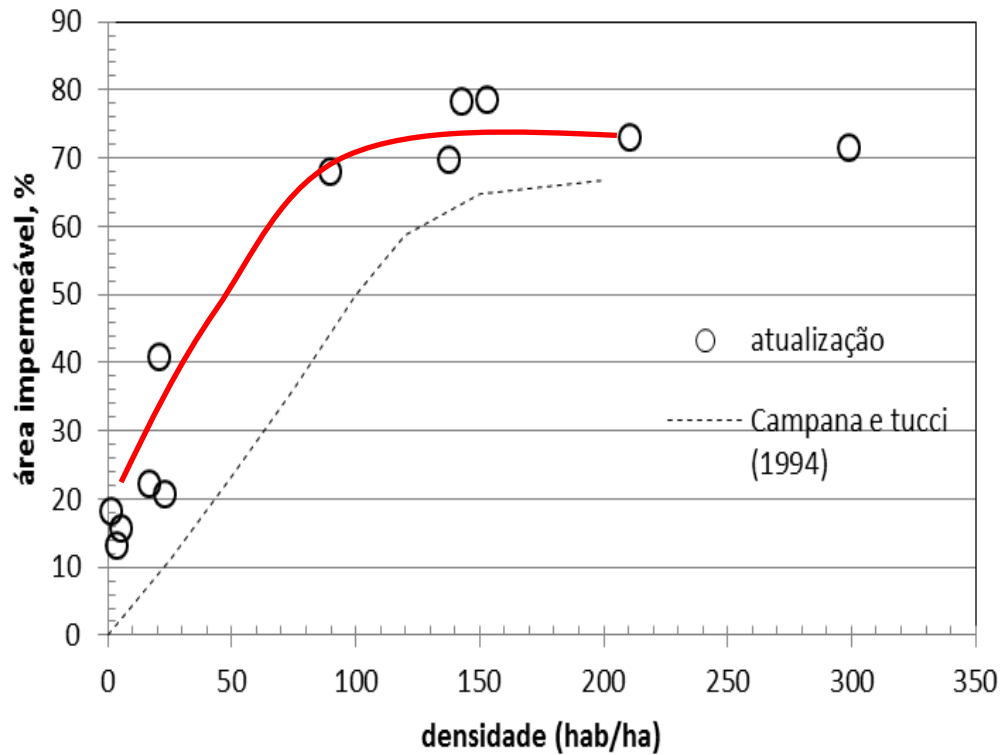
- Cada pessoa impermeabiliza da ordem de 50 m<sup>2</sup>.
- Tendência assintótica com a verticalização.
- Curva se altera em função da área e topografia.
- Válido para áreas maiores que 2 km<sup>2</sup>.
- Baseado em dados de Curitiba, S. Paulo e Porto Alegre.





# Mudança nas relações entre densidade x área impermeável

## Densidade x área impermeável



# Características do desenvolvimento urbano

- Aumento das áreas impermeáveis.
- Verticalização e densificação das edificações com poucos espaços públicos.
- Avenidas paralelas à macro-drenagem e canalização da mesma.
- Planejamento urbano que considera apenas o sombreamento, aspectos volumétricos e trânsito, desprezando as outras infra-estruturas como água, saneamento, drenagem urbana e inundações ribeirinhas.
- Não preserva as condições naturais de escoamento: infiltração e canais naturais; desenvolve os condutos (galerias) e canais com superfícies de concreto para aumentar o escoamento, geralmente mantidos de forma subterrânea; privilégio para o uso do espaço de acordo com os interesses de ocupação sem nenhuma preocupação de conservação ambiental.
- Conseqüências são os impactos diretos sobre a qualidade de vida da população.

# Características do desenvolvimento urbano

- Aumento das vazões máximas devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais.
- Aumento da produção de sedimentos devido à desproteção de superfícies e ao aumento da produção de resíduo sólidos.
- Deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, transporte de material sólido (canteiros de obras) e ligações clandestinas de água e esgoto.

# Impactos da infra-estrutura urbana

- Pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento.
- Redução de seção de escoamento e aterros.
- Deposição e obstrução de rios, canais e condutos com lixo e sedimentos.
- Projetos e obras de drenagem inadequados.

# Cidade Legal e ilegal

- *Áreas de mananciais*: ocupação irregular induzida pela legislação.
- *Falta de investimentos de infra-estrutura preventivos*: o desenvolvimento urbano é espontâneo, ficando o ônus futuro para o próprio município.
- *Valor reduzido dos terrenos*: no processo formal o custo do terreno é alto devido as obrigações de infra-estrutura, como não é realizado o custo cai viabilizando para a renda baixa a sua compra.
- *Migração e população de baixa renda*: predomina a população de baixa renda que se sujeita as os condicionantes de irregularidade e que pode ser beneficiado pelo poder público no futuro
- **Resultado**: *Cidade legal e ilegal*
- Os Planos Diretores são obra de ficção e atendem a cidade legal. Possuem visão de previsão e não de planejamento.

# Gestão Inadequada

- Falta de uma gestão permanente. A cada mandato mudam as pessoas.
- Informações, manuais e projetos realizados são perdidos.
- O planejamento da cidade é fragmentado e setorizado.
- Falta de capacidade gerencial por formação e remuneração.
- Forma-se “lobbies” de serviços entre quem fiscaliza e quem executa.
- Falta de profissionais mais permanentes, qualificados e remunerados para gestão do sistema urbana dentro de uma concepção integradora.

# Fases do desenvolvimento das águas urbanas

Fase	Características	Consequências
<b>Pré-higienista:</b> até o início do século vinte.	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
<b>Higienista:</b> antes de 70.	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
<b>Corretiva:</b> entre 70 e 90.	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando a poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
<b>Desenvolvimento sustentável:</b> depois de 90.	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

# Sistemas Hídricos Urbanos

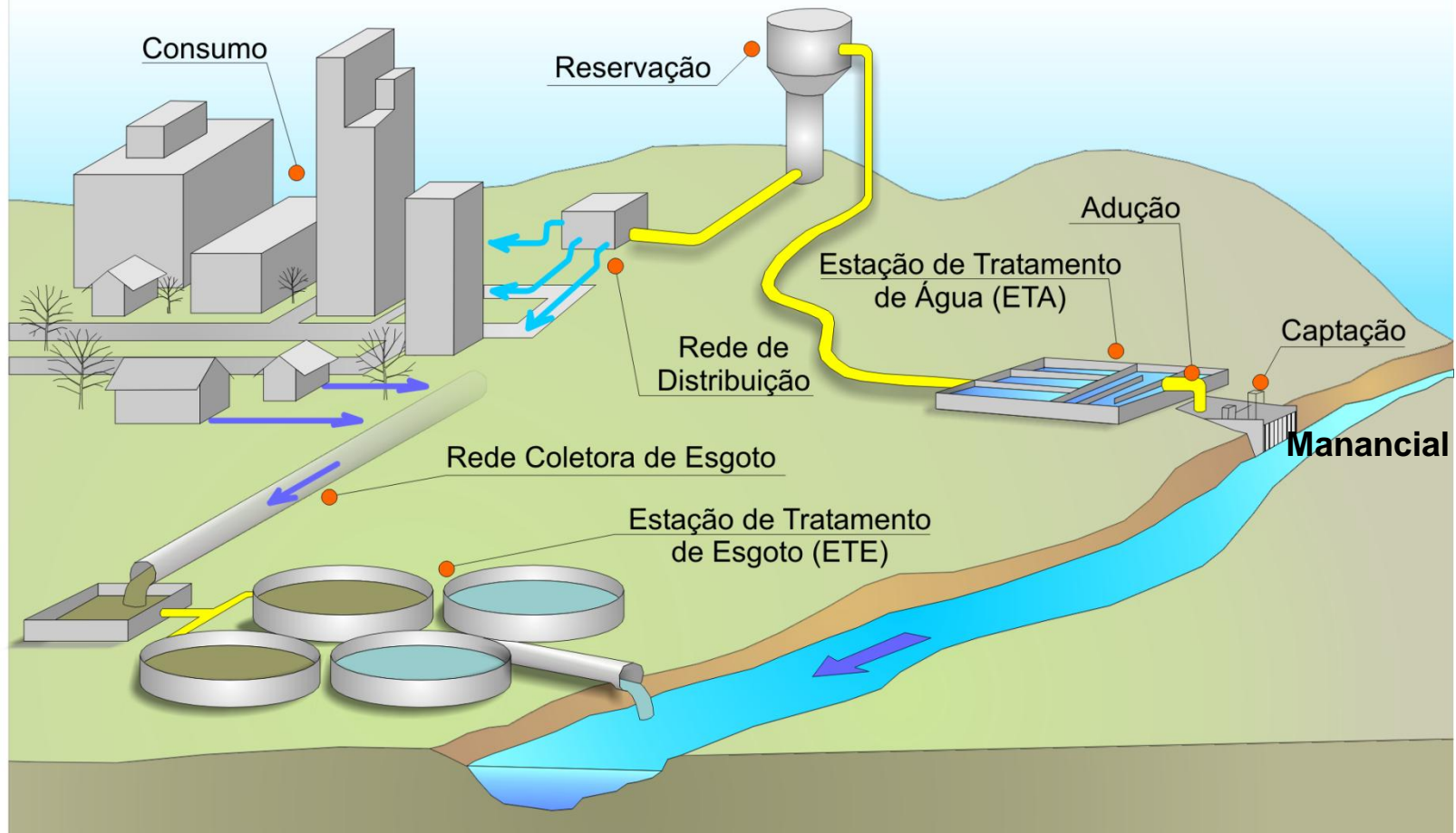
- Mananciais de águas
- Abastecimento de água
- Saneamento de efluentes sanitários
- Resíduos sólidos
- Controle da drenagem urbana
- Controle da inundações ribeirinhas



# Comparação dos aspectos da água no meio urbano

Infra-estrutura urbana	Países desenvolvidos	Países em desenvolvimento
Abastecimento de água	Cobertura total	Grande cobertura; tendência de redução da disponibilidade devido à contaminação das fontes; grande quantidade de perdas na rede.
Saneamento	Grande cobertura na coleta e tratamento dos efluentes	Falta de rede e estações de tratamento; as que existem não conseguem coletar esgoto como projetado.
Drenagem Urbana	Os aspectos quantitativos estão controlados; Gestão da qualidade da água	Impactos quantitativos sem solução; Impactos devido à qualidade da água não foram identificados.
Inundações Ribeirinhas	Medidas de controle não-estruturais como seguro e zoneamento de inundação	Grandes prejuízos por falta de política de controle.

# Água e Esgoto Sanitário



# Riscos sobre os mananciais

- *Excesso de demanda*: grande metrópoles em bacias pequenas. *Exemplo : São Paulo, Curitiba, Recife, etc*

- *Conflito com outros usos da água*: outros usos como irrigação que retiram água antes de chegar aos rios. Vários açudes que retêm a primeira parte da chuva aumentando os períodos secos para os rios principais onde as cidades retiram água.

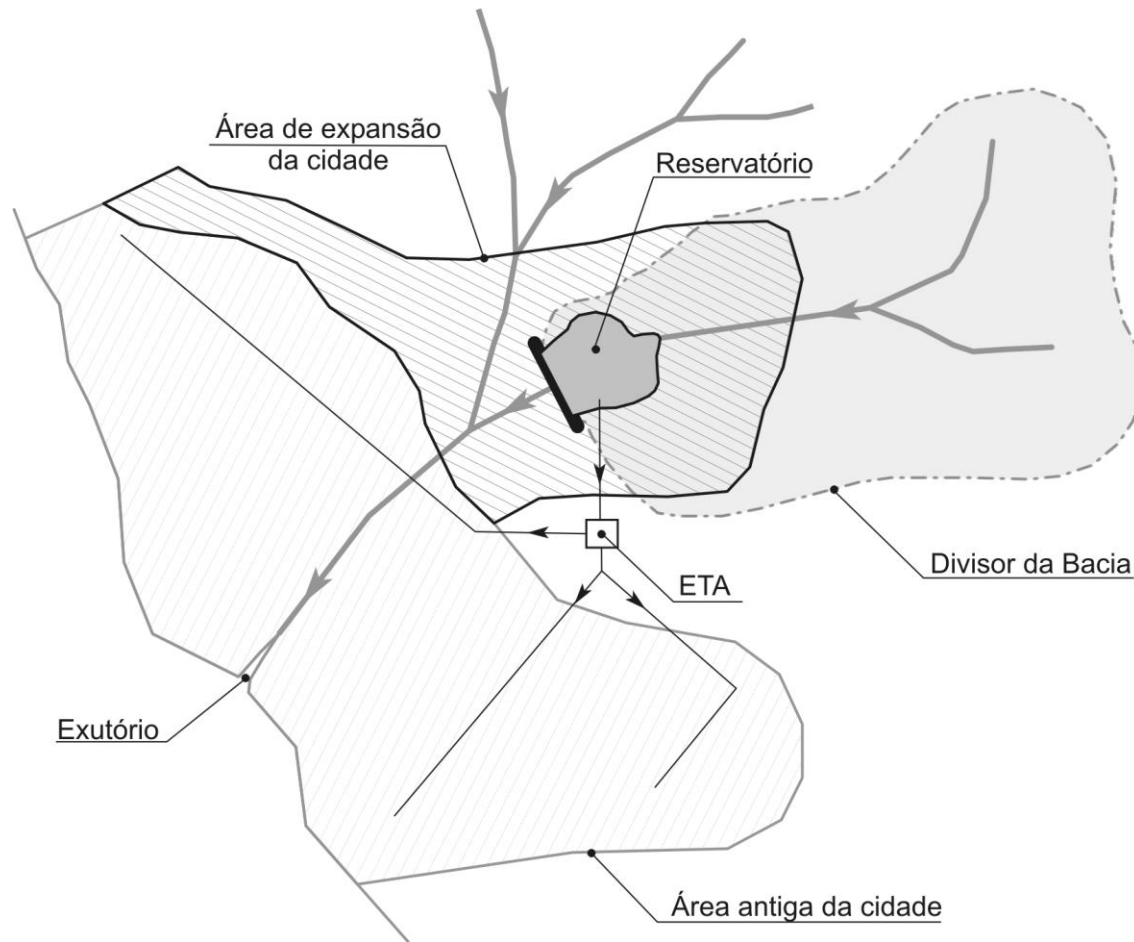
- A lei dá prioridade ao abastecimento, a realidade pode ser outra.

- *Contaminação* dos rios por despejo de esgoto sanitário, industrial e pluvial sem tratamento. Os mananciais tornam-se inviáveis e a cidade tende a buscar em outro local, aumentando custos;

- *Eutrofização dos Reservatórios de regularização próximos às cidades*: risco de contaminação dos reservatórios urbanos, resultando em eutrofização e toxicidade.

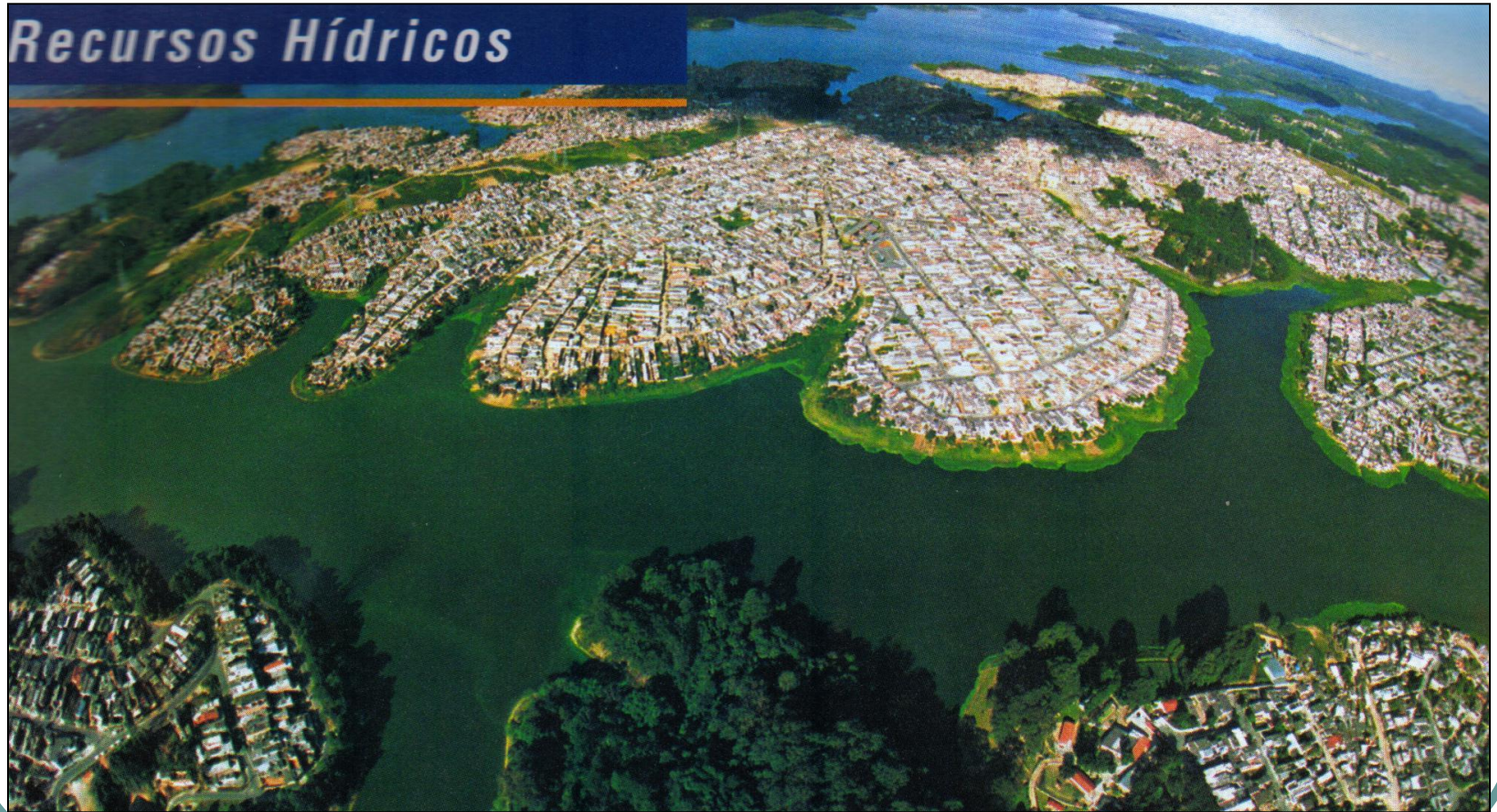
- Dificuldade de preservar as áreas de mananciais

# Tendência de ocupação das áreas de mananciais



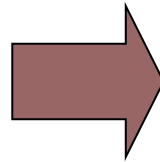
# Represa Billings

*Recursos Hídricos*



# Risco de escassez hídrica

- *Escassez quantitativa*: aumento da demanda para a mesma quantidade de água;
- *Escassez qualitativa*: redução da disponibilidade por contaminação da água



- **Gestão inadequada**
- Com o aumento da demanda e a contaminação os projetos buscam água em rios não contaminados, cada vez mais distantes.
- Grande *perda de água* na rede de abastecimento e contaminação dos rios por *falta de tratamento*.

# Preservação de Mananciais

- A legislação de mananciais contribui para desobediência e ocupação das áreas de mananciais.
- Tendência internacional de preservação do manancial de abastecimento pela compra ou aluguel do espaço.
- Quanto custaria na conta de água o aluguel para preservação? Para 0,5% do valor do imóvel, para áreas variando de R\$ 10 a 30 mil por ha, em regiões do Sul e Sudeste o custo aumenta de 5 a 15% a conta de água.
- Preço a pagar para evitar a perda de manancial para o futuro.

# Abastecimento

- Perdas da rede de abastecimento de 35 a 60%.
- Grandes cidades e regiões metropolitanas estão no limite da capacidade, como São Paulo e passam a utilizar água de reúso.
- Racionalização geralmente não tem sido uma política de gestão devido a falta de incentivos.
- O maior custo geralmente é cobrado da sociedade.

Local	Ano	Consumo Lit./pessoa/dia	Perdas na rede %
Brasil (média)	1989	151	39
Brasília	1989	211	19
São Paulo	1988/1992	237	40
S. Catarina	1990	143	25
Minas Gerais	1990	154	25
Santiago	1994	204	28
Bogotá	1992/1991	167	40
Costa Rica	1994	197	25
Canada (média)	1984	431	15
USA (média)	1990	666	12
Tóquio	1990	355	15

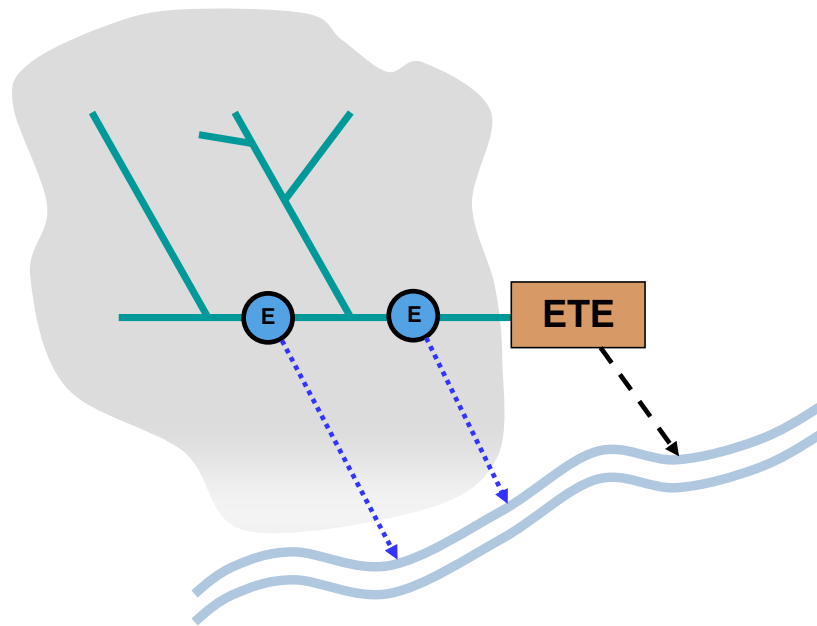


# Sistema de Esgoto Sanitário

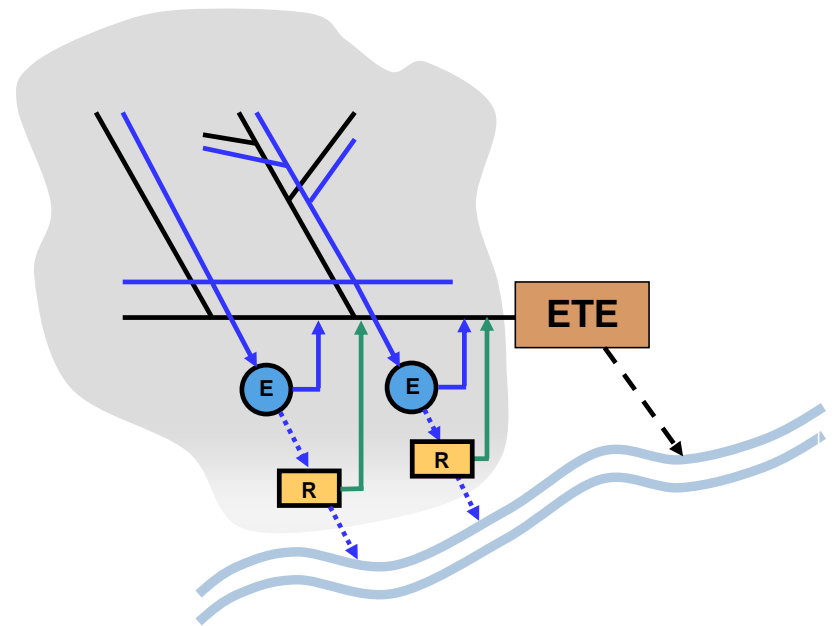
- O sistema é forma de Rede de coleta e ETE Estação de tratamento de esgoto.
- *As redes podem ser:*
  - *mista:* rede pluvial que recebe esgoto sanitário. Muito freqüente no Brasil.
  - *separador sem drenagem:* sistema de esgoto sem drenagem, várias cidades da América do Sul.
  - *sem drenagem e esgoto sanitário:* fossas para o esgoto e drenagem pelas ruas. Por exemplo, Paraguai não utiliza sistema de drenagem.
  - *separador* : rede de esgoto e pluvial separadas, mas com baixo nível de tratamento de esgoto.

# Redes

Unitário



Separador



# Separador x Misto

<i>Sistema</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Combinado ou misto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apenas uma rede o que pode ter menor custo;</li><li>• Controle do impacto poluente com menor custo;</li><li>• Situação de fato em muitas cidades onde o custo de separar as conexões é alto.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Em climas quentes é uma fonte de vetores de doenças;</li><li>• Grande variação de concentração, o que torna o tratamento do esgoto ineficiente;</li><li>• Cheiro ruim durante o período seco.</li></ul>
Separador	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eficiente tratamento de esgoto;</li><li>• Vedação do sistema de esgoto evitando vetores de doenças e cheiro ruim.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Custo maior de uma nova rede;</li><li>• Dificuldade e custo alto de eliminar conexões indevidas entre as redes.</li></ul>

# Cenários

- Cidades antigas ou parte das mesmas possuem sistemas mistos.
- No cenário brasileiro, as cidades quando são pequenas usam fossas com extravasamento para a rede pluvial;
- Quando a cidade cresce é necessário o uso de rede e tratamento.
- A população resiste a ligar na rede devido ao custo adicional e os governos municipais.
- O resultado são investimentos sem retorno e com poluição.

# Ligações Diretas



Rio Sirinhaém em Barra de Guabiraba



Rio Jaboatão em Moreno



Rio Una em Palmares

Lançamentos diretos de esgotos no sistema de drenagem

# Estatísticas e metas

- Reduzida cobertura de coleta e tratamento de esgoto;
- As estatísticas informam sobre a coleta e não sobre a coleta & tratamento
- Quando informam sobre o tratamento, informam do total coletado quanto é tratado e não do total utilizado pela população. Por exemplo, com cobertura de 70% de coleta, 30% é tratado, significa que apenas  $0,7 \times 0,3 = 0,21$ , 21% do total é efetivamente tratado;
- Metas do Milênio das Nações Unidas: reduzir a falta de abastecimento, esgoto e tratamento em 50% até 2015
- Nos últimos anos aumento de 1%, menor que o crescimento populacional;
- Estima-se um tratamento da ordem de 10% do total retirado dos rios.

# Estatísticas Brasileiras (2006)

Tipo	Urbano		Rural		Total	
	Atendimento	Déficit	Atendimento	Deficit	Atendimento	Deficit
População (milhões)	152 (83%)		31,6 (17%)		183,60	
Abastecimento de Água <sup>1</sup> (%)	91,95	8,15	88,44 <sup>3</sup>	11,56	91,35	8,65
Coleta de Esgoto <sup>1</sup> (%)	77,22	22,78	18,43	81,57	67,10	32,9
Rede (%)	54,27		4,08		45,63	
Fossas (%)	22,95		14,35		21,47	
Tratamento de Esgoto <sup>2</sup> (%)					28,2 <sup>4</sup>	81,8

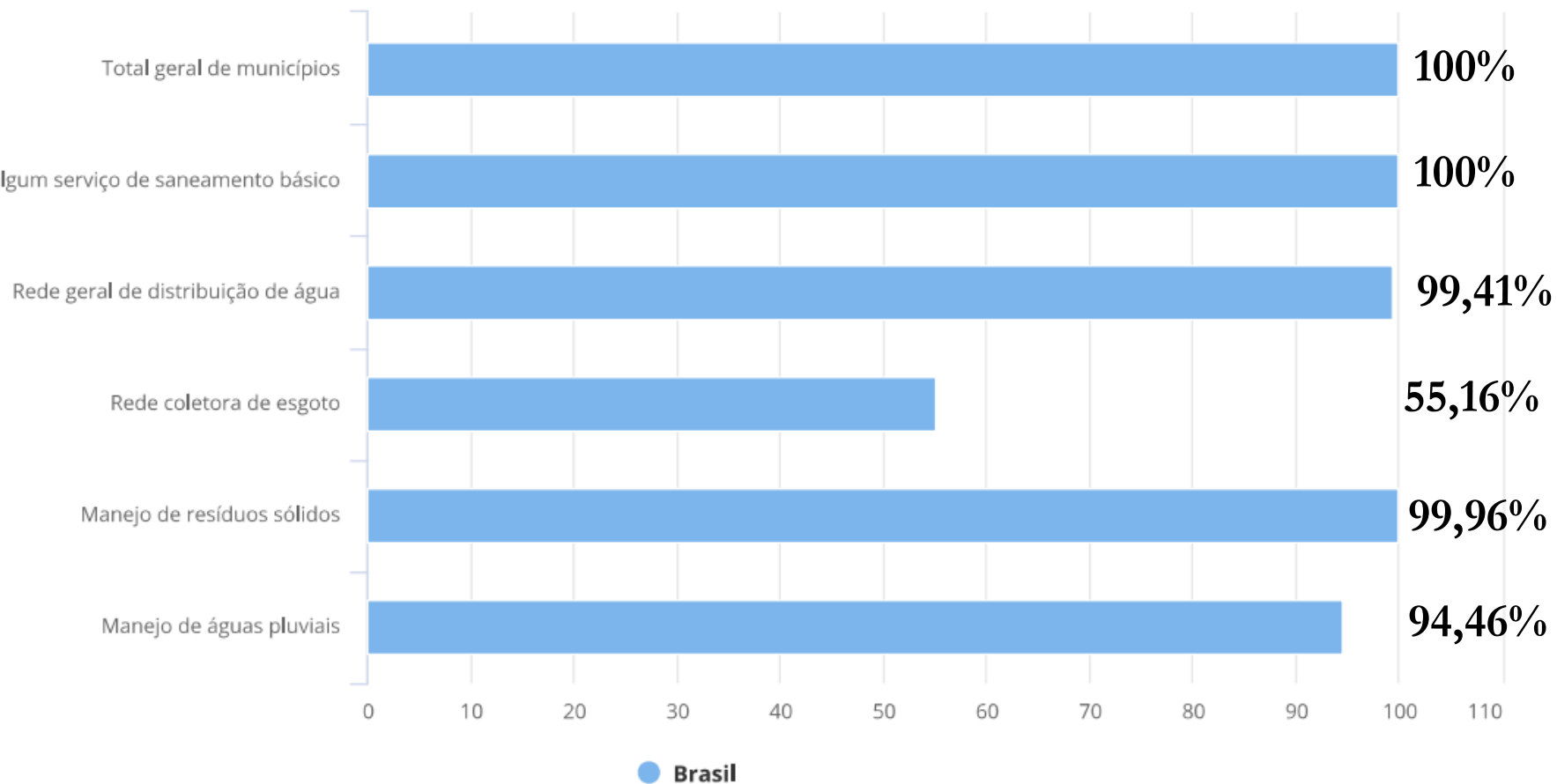
# Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - 2008

Tipo	Urbano		Rural		Total	
	Atendimento	Déficit	Atendimento	Deficit	Atendimento	Deficit
População (milhões)	152 (83%)		31,6 (17%)		183,60	
Abastecimento de Água <sup>1</sup> (%)	91,95	8,15	88,44 <sup>3</sup>	11,56	91,35	8,65
Coleta de Esgoto <sup>1</sup> (%)	77,22	22,78	18,43	81,57	67,10	32,9
Rede (%)	54,27		4,08		45,63	
Fossas (%)	22,95		14,35		21,47	
Tratamento de Esgoto <sup>2</sup> (%)					28,2 <sup>4</sup>	81,8



# Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - 2008

## Acesso aos serviços de saneamento básico por município no Brasil



# Gestão de água & esgoto

- Projetos inadequados: quando existem redes não é prevista a ligação
- Objetivo na obra e não no serviço
- Empresas sem fiscalização da qualidade dos serviços e sem competição
- Público x privado conflito sem foco;
- A regulação dos serviços é inexistente ou fraca.

- a empresa do Estado sem fiscalização é utilizada politicamente
- A empresa privada sem fiscalização otimiza seus resultados com serviço limitado;
- O foco deve ser nos serviços com baixo custo, tendo uma efetiva agência fiscalizadora independente do regime da empresa que presta o serviço

# Alterações da urbanização no uso do solo

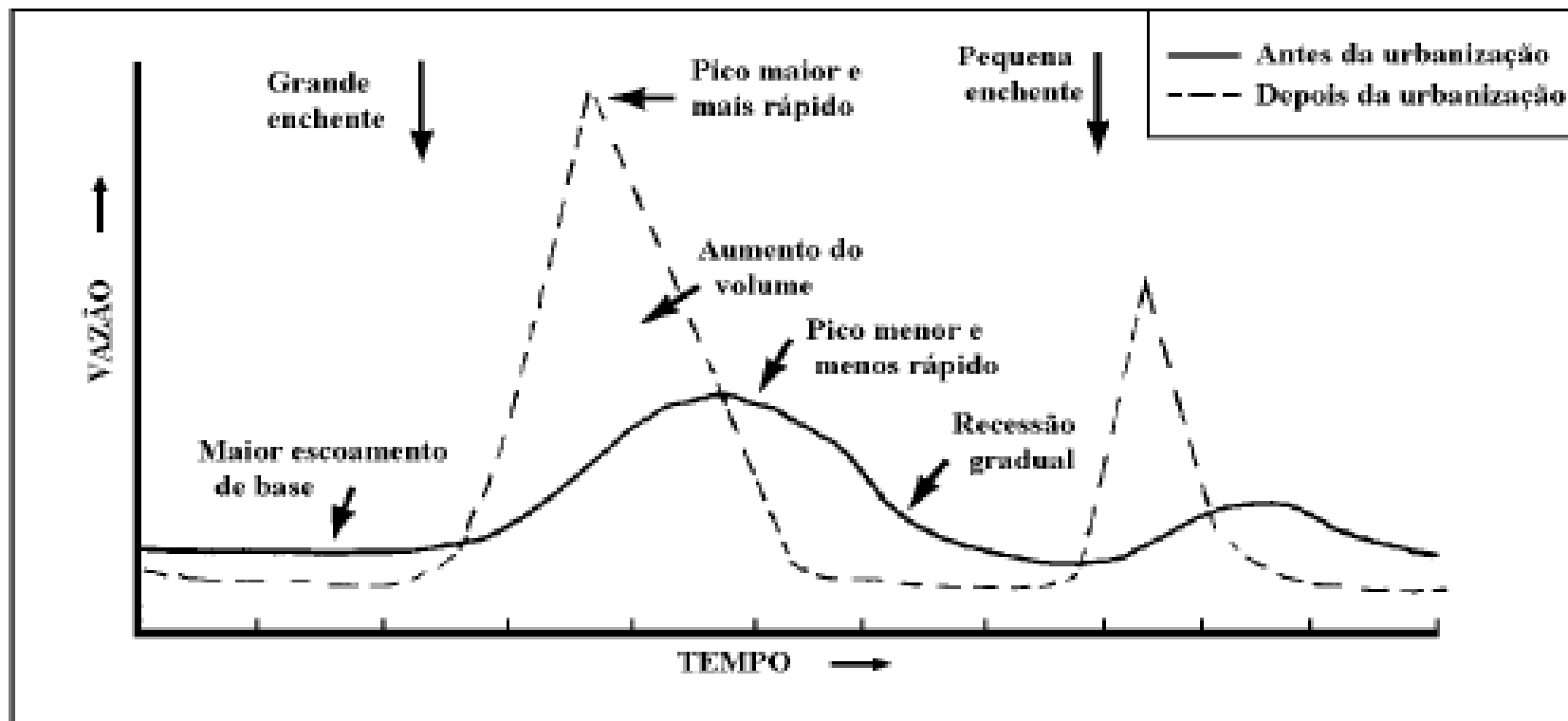
Tabela 2.1 Variação do balanço hídrico com a urbanização num clima temperado, em % da precipitação total (OECD, 1986)

Elementos dos Balanço	Pré-urbano %	Urbano %
Evapotranspiração	40	25
Escoamento superficial	10	43
Escoamento subterrâneo	50	32
total do escoamento	60	75

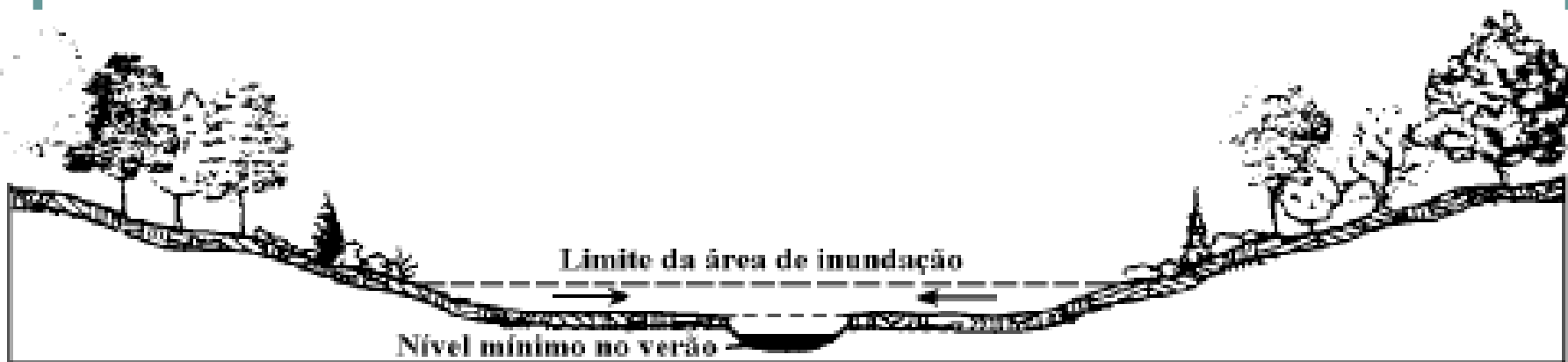
## a. Balanço Hídrico



# Impactos da urbanização no hidrograma

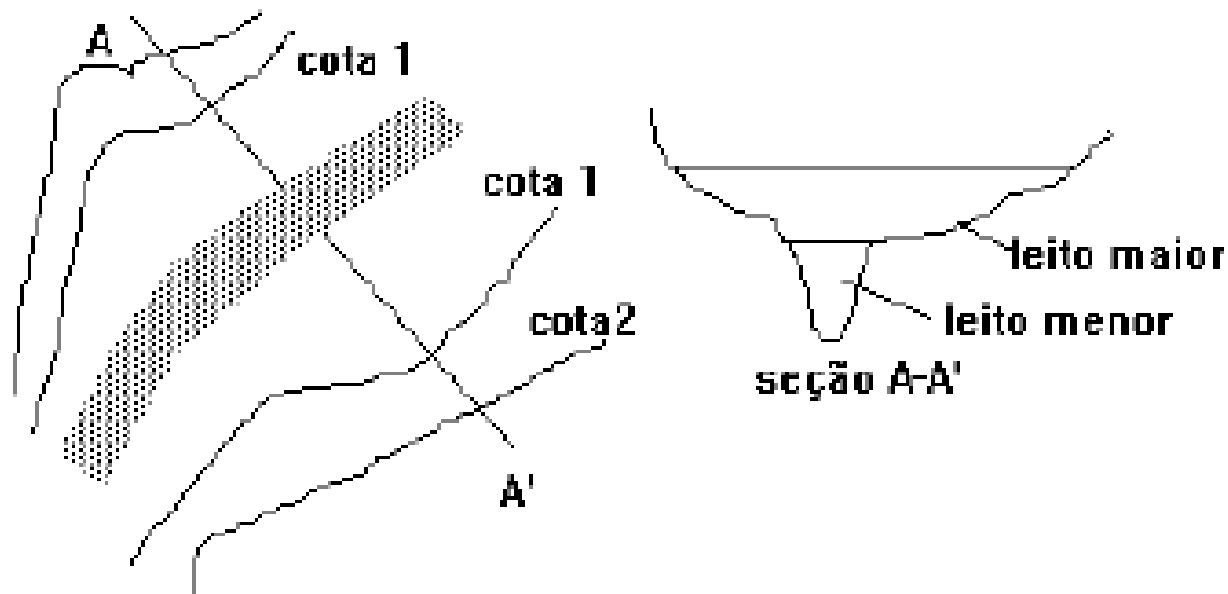


# Impactos nos níveis de inundação



# Impacto do desenvolvimento urbano no escoamento

- O rio naturalmente ocupa o seu leito maior em eventos extremos, com TR superior à 2 anos.



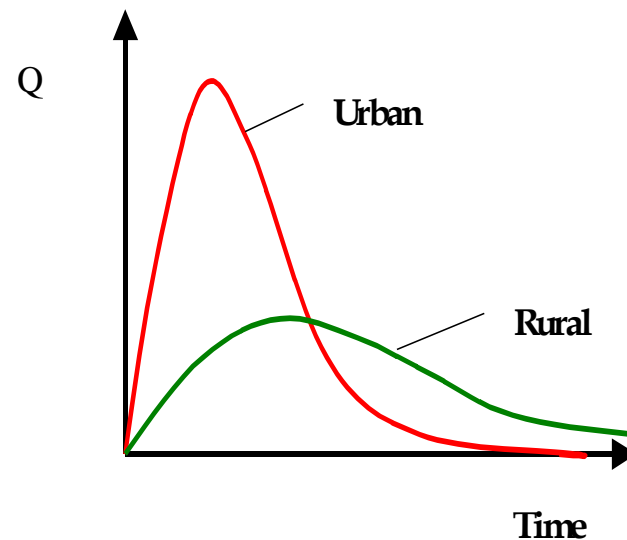
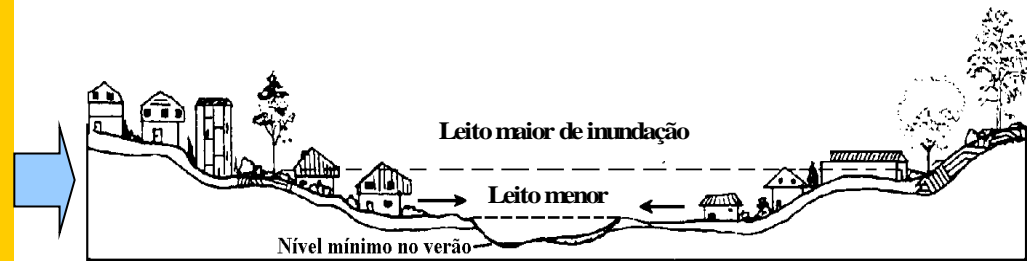
# Inundações ribeirinhas

- É um processo natural, como decorrência do ciclo hidrológico das águas.
- Principal causa é a ocupação do leito maior pela população nos anos secos e prejuízos nos anos úmidos.
- **Quem ocupa as áreas de risco sofre os impactos.**

- No Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, das cidades geralmente não existe nenhuma restrição quanto à ocupação das áreas de risco de inundação.
- Invasão de áreas ribeirinhas que pertencem ao poder público.
- Prejuízos de perdas materiais e humanos.
- Doenças de veiculação hídrica.
- Contaminação da água pela inundação.

# Impacto do desenvolvimento urbano no escoamento

- *Inundações ribeirinhas:* inundações naturais resultado da flutuação dos rios durante os períodos secos e chuvosos. Os problemas ocorrem devido a ocupação das áreas de riscos pela população.
- *Inundações devido a urbanização (drenagem urbana):* a urbanização amplia as vazões devido a canalização e a impermeabilização do solo e aumenta a magnitude e a frequência das enchentes.



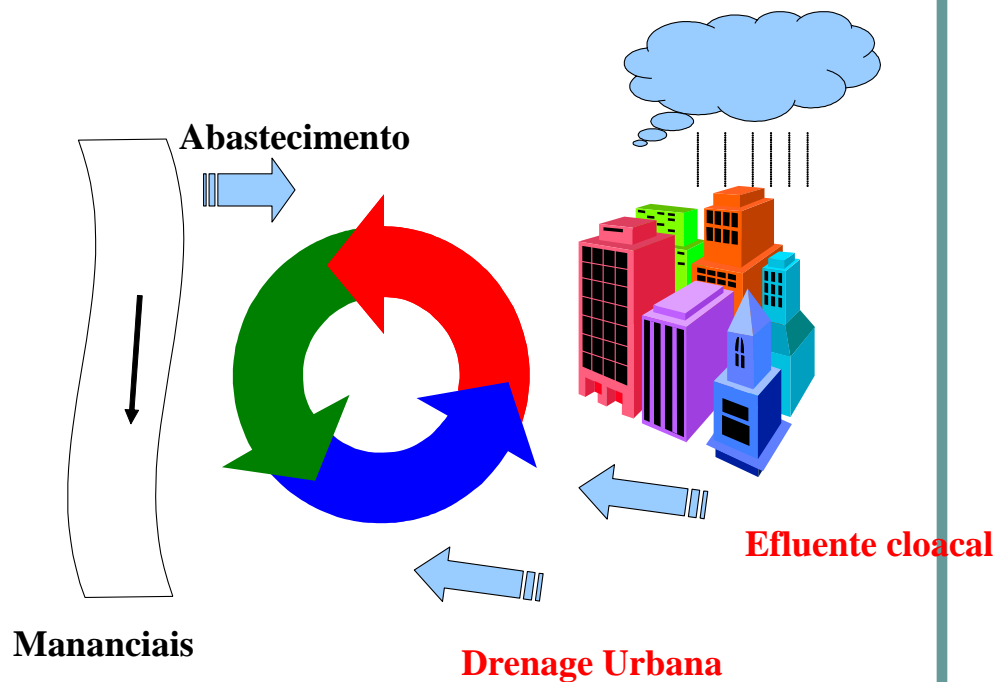


# Cenário comparativo

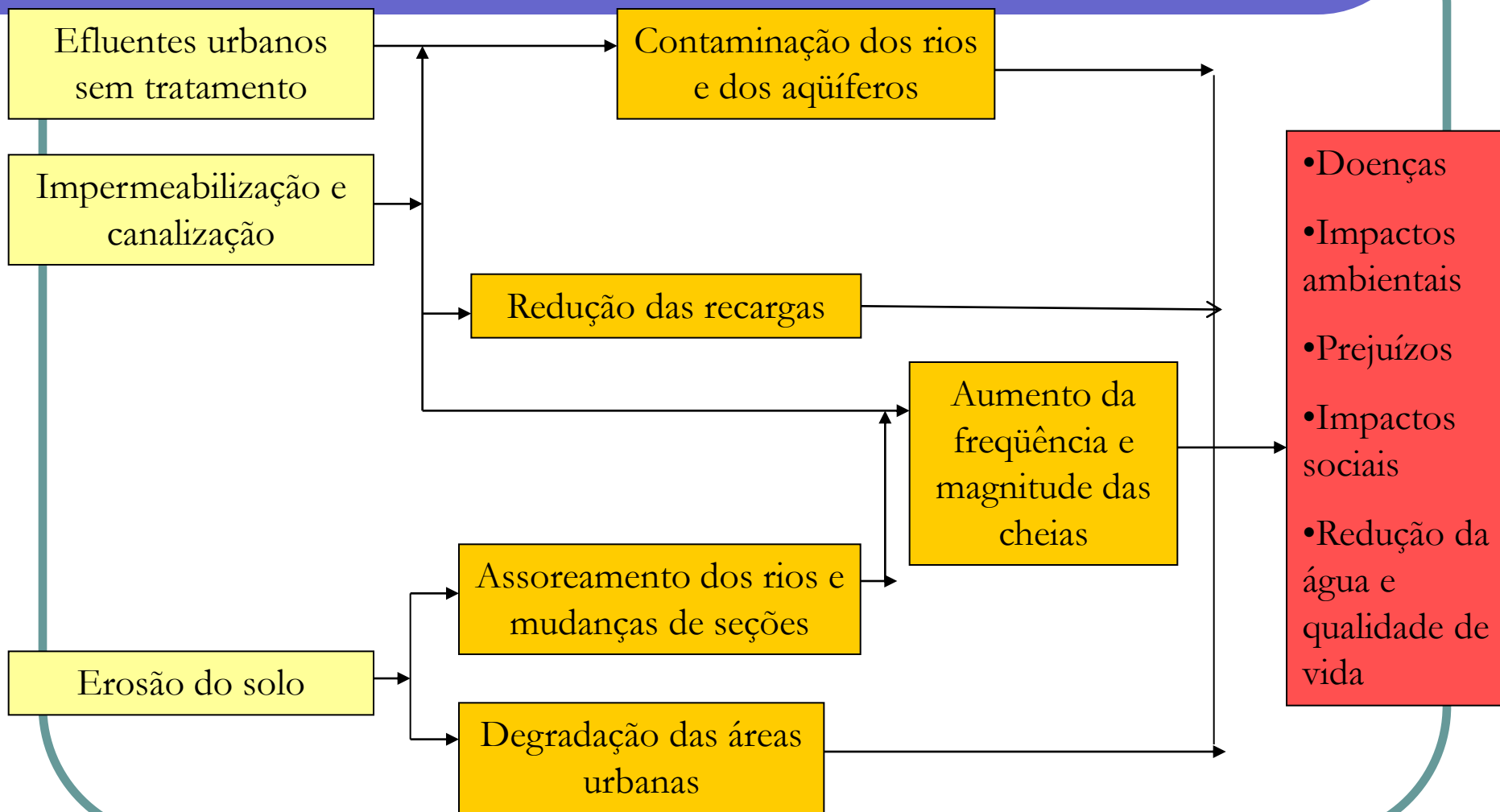
Infra-estrutura urbana	Países desenvolvidos	Países em desenvolvimento
Abastecimento de água	Resolvido, cobertura total	Grande cobertura; tendência de redução da disponibilidade devido à contaminação das fontes; grande quantidade de perdas na rede
Saneamento	Grande Cobertura na coleta e tratamento dos efluentes	Falta de rede e estações de tratamento; as que existem não conseguem coletar esgoto como projetado;
Drenagem Urbana	Os aspectos quantitativos estão controlados; Gestão da qualidade da água	Impactos quantitativos sem solução; Impactos devido à qualidade da água não foram identificados.
Inundações Ribeirinhas	Medidas de controle não-estruturais como seguro e zoneamento de inundação	Grandes prejuízos por falta de política de controle

# Ciclo de contaminação

- Retirada de água a montante.
- Despejo a jusante sem tratamento dos efluentes.
- Transferência dos impactos para jusante.
- Sempre haverá uma cidade a montante e outra a jusante com o crescimento urbano.
- Ciclo de impactos generalizados.



# Ciclo de impactos na cidade



# Referências Bibliográficas

- CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. **Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas**. São Paulo: Ed. AnnaBlume, 2011.
- SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. F. TUCCI, C. E. M. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. p. 9-18. Vol 7, nº 2, Abr-Jun 2012.
- TUCCI, C. E. M., 2001. **Urban Drainage in Humid Tropics**. Unesco.
- TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas da América do Sul**. Coleção ABRH GWP.
- TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª Ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2006. P. 399-432.

•