IPH 01 014

GERENCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA

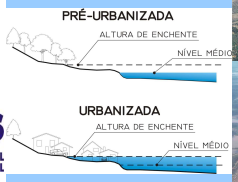
Aula 4

Professor Joel Avruch Goldenfum
IPH/UFRGS

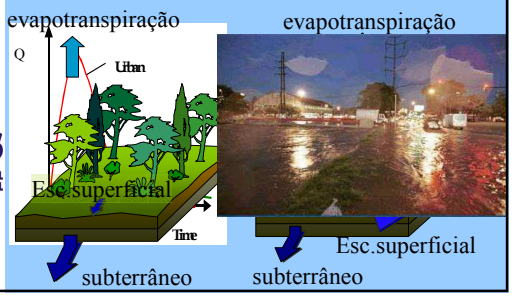
Gestão das Inundações Ribeirinhas

- Impactos das inundações ribeirinhas
- Gestão atual
- Avaliação das Inundações
- Medidas de controle
- Medidas estruturais
- Medidas não-estruturais

Enchentes em áreas ribeirinhas:

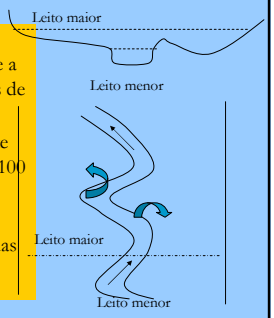


Alagamentos devido à urbanização:



Inundações Ribeirinhas

- Leito menor e rios aluvionares corresponde a um risco de 1,5 a 2 anos de tempo de retorno;
- O leito maior geralmente corresponde a cerca de 100 anos
- Influenciado pela variabilidade temporal das vazões.



Características da ocupação das Inundações ribeirinhas

- Ocupação das áreas de inundação, principalmente pela população de baixa renda;
- Sem planejamento urbano para as áreas de risco de inundações, a população tende a ocupar depois de alguns anos de pequenas inundações. Quando chega uma inundação maior os impactos são enormes com grandes prejuízos, gerando sérios problemas públicos.

Efeito da invasão da várzea

- A invasão da várzea pode ocorrer devido aterros, pontes, edifícios e outras obstruções;
- Reduzindo a capacidade de escoamento aumenta o nível para montante;
- Produz aumento do risco.

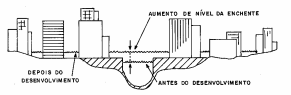
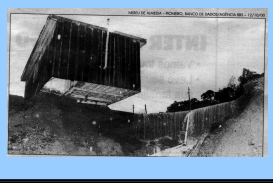


Figura 16.14. Invasões da várzea

Áreas de risco

- Áreas de encostas: risco do deslizamento da encosta;
- Áreas de inundação ribeirinha: ocupação no período seco e impacto no período úmido;
- Geralmente população de baixa renda



História

- A cidade de Amarna no Egito, que Aquenaton (1340 aC) escolheu para ser uma nova capital foi planejada considerando as áreas inundações, veja o relato: " Correndo de leste para oeste, dois leitos secos de rio, *nos quais nada se construiu por medo das enchentes repentinas*, dividiam a cidade em três partes: o centro e os bairros residenciais de norte e do sul. " Brier (1998).

Floods: Hoyt and Langbein, 1959

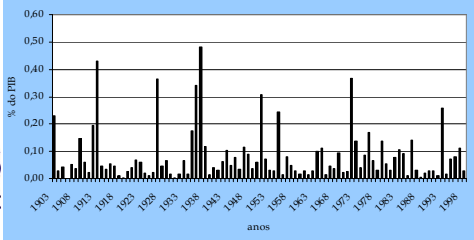
1. " Terra de Canaan, 2957 a C, numa grande inundação, provavelmente centrada cerca do UR no Eufrates, Noé e sua família se salvaram. Um dilúvio resultante de 40 dias e 40 noites de contínua precipitação ocorreu na região. Terras ficaram inundadas por 150 dias. Todas as criaturas vivas afogaram com exceção de Noé, sua família e animais, dois a dois, foram salvos numa arca e finalmente descansaram no Monte Ararat" (passagem da bíblia sobre o Dilúvio, citada no referido prefácio). Este texto caracteriza um evento de risco muito baixo de ocorrência.

História e cenário hipotético

2. "Egito XXIII, Dinastia, 747 a C. Enchentes sucedem secas. Faraó anunciou que todo o vale do rio Nilo foi inundado, templos estão cheios de água e o homem parece planta d'água. Aparentemente os polders não são suficientemente altos ou fortes para confinar as cheias na seção normal. A presente catástrofe descreve bem os caprichos da natureza, outro faraó reclamou que por sete anos o Nilo não subiu. " Este texto que também pode ser encontrado relatos na Bíblia também enfatiza a incapacidade de prever o clima e seus impactos quando ocorrem.

3. Em algum lugar nos Estados Unidos no futuro (o autor mencionava ano 2000, muito distante na época). A natureza toma seu inexorável preço. Cheia de 1000 anos causou indestrutível dano e perdas de vida. Engenheiros e Meteorologistas acreditam que a presente tormenta resultou da combinação de condições meteorológicas e hidrológicas que ocorreriam uma vez em mil anos. Reservatórios, diques e outras obras de controle que provaram efetivas por um século e são efetivas para sua capacidade de projeto são incapazes de controlar os grandes volumes de água envolvidos. *Esta catástrofe traz uma lição que a proteção contra inundações é relativa e eventualmente a natureza cobra um preço daqueles que ocupam a várzea de inundação*

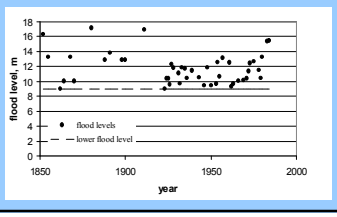
Prejuízos devido a inundações nos Estados Unidos



Source:: Priscolli(2004)

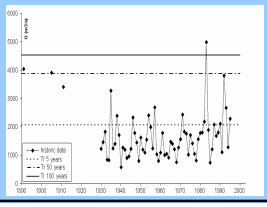
Blumenau – Rio Itajaí

- Em 1983, os prejuízos resultantes em todo o Vale do Itajaí representaram cerca de 8% do PIB de Santa Catarina;
- Período muito longo sem inundações importantes
- Séries contínuas tendenciosas



União da Vitória

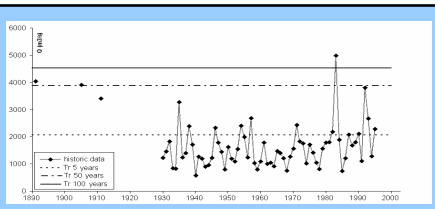
- Inundações pequenas no período de 1959 a 1982;
- Período de crescimento econômico
- Depois de 1982 várias inundações com total de prejuízo até 1993 de US $ 160 milhões para uma cidade de 80 mil habitantes
- Conflito com COPEL com acusações de efeito da barragem de Foz de Areia



União da Vitória e Porto União

escoamento normal

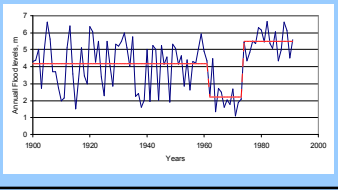
Cheia de 1983



Ano	Prejuízos US$ millions
1982	10.4
1983	78.1
1992	54.6
1993	25.9
total	159.0

Pantanal

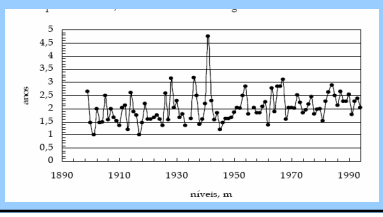
- Período anômalo de níveis de inundações de 1960 a 1973
- Aumento da área de inundação média de 17.000 para 50.000 km2
- Uma área inundada 20% do tempo na década de 60 atualmente fica 97% do tempo inundada
- Impacto social e econômico na sustentabilidade da população



Porto Alegre

Porto Alegre

- existem dados de níveis de inundação desde 1899
- vários eventos até 1967
- em 1970 foi construído um sistema de proteção para a cidade
- Nos últimos anos houve um movimento na cidade para a retirada do dique de inundação, considerando que não tinham ocorrido eventos nos últimos 38 anos



Sistema de proteção contra inundações de Porto Alegre

- **Diques externos**
- **Diques internos**
- **Condutos forçados**
- **Casas de bombas**

Gestão atual: Caso Brasil

- É de atribuição da União a prevenção das inundações e secas, (constituição art 21);
- No passado existiu o DNOS que investia em obras estruturais (Porto Alegre, Teresina,etc). Não tinha política preventiva;
- Quando ocorre uma inundação é declarada calamidade pública, o município recebe dinheiro a fundo perdido e não necessita concorrência pública para gastar. Isto incentiva a falta de prevenção e inibe as medidas não-estruturais
- Existe um incentivo indireto de ocupação de área de risco quando não há prevenção.
- A política de remoção não pode ser assistencialista porque pode gerar custos infinitos.

Avaliação das Inundações

- *Previsão de vazão*: é a estimativa da vazão com antecedência no tempo.
- A *previsão de curto prazo* é a obtida com antecedência de algumas horas ou até 14 dias. Utilizado para alerta a população ribeirinha, operação de obras hidráulicas e usos da água;
- A *previsão de longo prazo: é a* previsão com antecedência de 1 a 9 meses. Gestão de energia, agricultura, entre outros.

- *A predição* é estimativa estatística de uma determinada variável sem relação com o tempo em que ocorre.
- *Vazão máxima*: é o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado. A vazão máxima para um determinado tempo de retorno é utilizada no projeto de obras hidráulicas tais como: condutos, bueiros,etc.

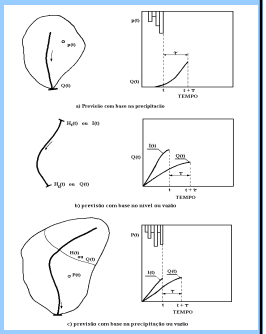
Vazão (ou nível) máxima

- *Com base em séries históricas de vazão:* série de vazões medidas no local de interesse por pelo menos 15 anos.
- *A partir da precipitação* quando a série de vazões não é estacionária, utiliza-se a série de precipitações e calcular a vazão.

•*Regionalização de vazões*: quando não existem dados no local desejado. Utiliza dados de vazões em vários locais da bacia para regionalizar a curva de probabilidade de vazões e permitir estimar esta curva em locais sem dados.

Previsão de Vazão a curto prazo

- Previsão a partir da precipitação: com base na precipitação conhecida é determinada a vazão por modelo empírico ou conceitual;
- Previsão a partir de nível ou vazão de montante: com base no conhecimento do nível ou vazão á montante e no próprio local é realizada a previsão.
- Combinação dos anterior: utiliza as duas informações



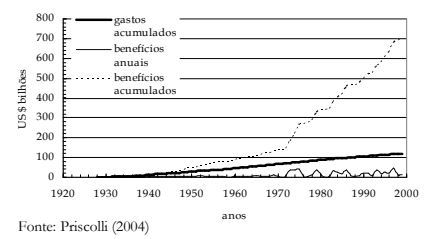
Medidas

- *Não-estruturais*: o homem convive com as inundações: zoneamento, previsão de vazão, seguro, proteção individual,etc
- *Estruturais*: modifica o sistema natural para proteção do homem : diques, barragens, canais, etc.

Histórico USA

- Em 1936, nos Estados Unidos, foi aprovada uma lei em nível federal, que identificava a natureza pública dos programas de redução de enchentes e a implantação de medidas físicas ou estruturais como um meio de reduzir estes danos.
- Em 1966, o governo reconheceu que as medidas anteriores não eram adequadas e deu ênfase a medidas não-estruturais, que permitiriam à população conviver com a cheia.
- Em 1973, foi aprovada uma lei sobre proteção contra desastres de enchentes, dando ênfase a medidas não-estruturais, encorajando e exigindo o seguro para enchentes e regulamentação do uso da terra e proteção das novas construções para enchentes de 100 anos tempo de retorno

Avaliação econômica



Fonte: Priscolli (2004)

Medidas estruturais

- *Medidas extensivas*: atua sobre a bacia hidrográfica com reflorestamento; controle de erosão. Medidas são somente viável para bacias pequenas.
- *Medidas intensivas*: obras sobre os rios como diques, barragens, ampliação das seções.

Extensivas

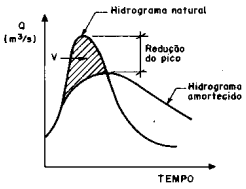
Medida	Vantagem	Desvantagem	Aplicação
Cobertura vegetal	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle de perda	Reduz assoreamento	Idem ao anterior	Pequenas bacias

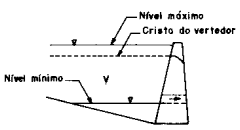
Medida	Vantagem	Desvantagem	Aplicação
Melhoria do canal			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
Reservatório:			
Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícel	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com mínimo de pedras	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
Mudança de canal:			
Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes Bacias
Desvios	Reduz vazão do canal principal	Idem ao anterior	Bacias médias e grandes

Efeito do Reservatório

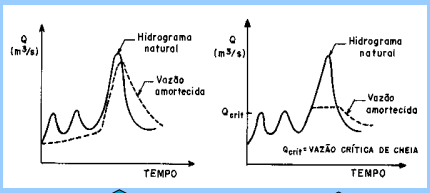
- Acumula água e reduz a vazão máxima, distribuindo no tempo
- Para ter efeito é necessário que o volume inicial acumulado de água seja pequeno

- O volume do reservatório está diretamente ligado ao volume do hidrograma;
- Pequenos reservatórios não influenciam as inundações





Condições operacionais

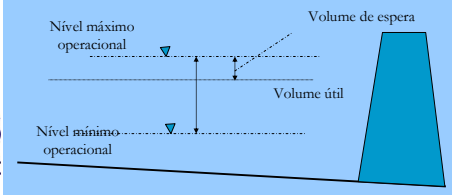


• condição operacional em que o volume que chega é acumulado, reduzindo a capacidade para amortecer os picos que seguem

•Condição operacional em que o volume que entra escoa para jusante até a vazão Qcrit. À partir deste valor o volume é retido no reservatório

Uso múltiplo

Volume de espera: é utilizado para amortecer inundações no período chuvoso, enquanto que o volume útil é o volume operacional do reservatório de acordo com outros usos como abastecimento, energia, etc

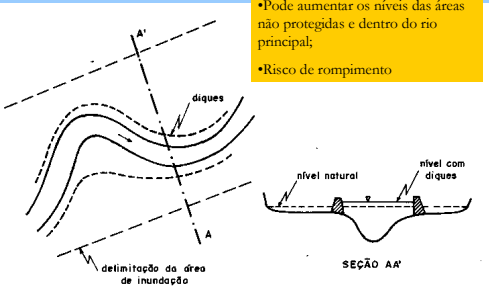


Dique ou polder

•Proteção local contra inundação;

•Pode aumentar os níveis das áreas não protegidas e dentro do rio principal;

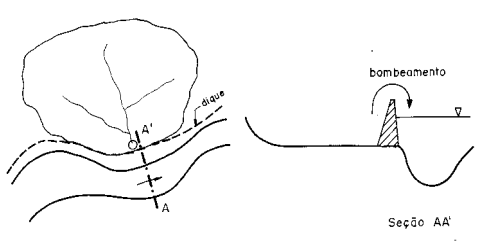
•Risco de rompimento



Controle das áreas laterais

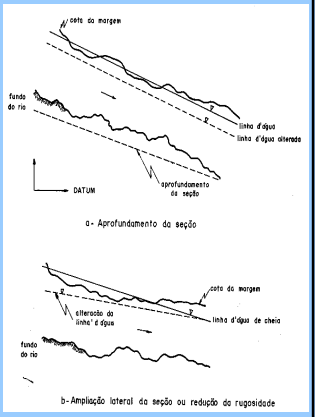
- O dique deve ser complementado pela drenagem das áreas laterais;
- O bombeamento depende da magnitude das vazões da bacia lateral;

- Para bacias com maior volume podem ser utilizados: (a) pequeno reservatório lateral; (b) estender o dique pelos afluentes



Alteração da seção

- Aumento da seção do escoamento;
- Aumento da rugosidade
- Aumento da declividade do trecho
- Necessita atuar sobre trecho muito longo
- Impacto ambiental e sobre o leito do escoamento
- Solução de alto custo



Medidas Não-estruturais

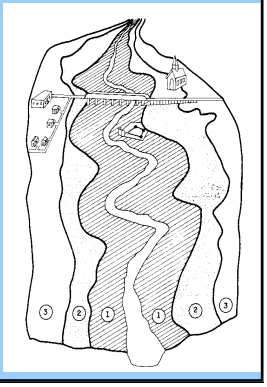
- *Seguros* de inundação: viável dentro de um seguro nacional
- *Proteção individual*: obras que protegem uma determinada área específica; ex. pilotis, muros e comportas, etc.
- *Previsão de cheia em tempo real*: alerta para a população ribeirinha.
- *Zoneamento* das áreas de inundação

Previsão em tempo real

- Um sistema de alerta de previsão tempo real envolve os seguintes aspectos:
- sistema de coleta e transmissão de informações;
- sistema de processamento de informações;
- modelo de previsão de vazões e níveis;
- procedimentos para acompanhamento e transferência de informações para a Defesa Civil e Sociedade;
- planejamento das situações de emergência através Defesa Civil.

Mapeamentos

- *Mapa de alerta*: utilizado durante as inundações para orientar a população. Informa os locais de inundação em função da leitura da régua no rio;
- *Mapa de planejamento:* utilizado no planejamento e ocupação do espaço e zoneamento. Informa as áreas de risco



Zoneamento

- O *objetivo* do zoneamento é o de disciplinar a ocupação do solo visando minimizar o impacto devido as inundações;
- A metodologia consiste e definir faixas onde são definidos condicionantes desta ocupação;
- As faixas utilizadas são: (a) passagem da inundação; (b) zona com restrição; (c) zona de baixo risco.

- As faixas são definidas para definir critérios de ocupação;
- Os critérios de ocupação são introduzidos no Plano Diretor urbano da cidade;
- O zoneamento deve ser complementado por um sistema de alerta;
- Os dados necessários são: topografia da cidade, níveis de inundações na cidade.

Zona de passagem da inundação

Esta faixa é introduzida para evitar que uma parte da bacia produza efeito de remanso sobre trechos de montante.

A zona de passagem de enchentes: é definida pela seção que acrescenta até 30 cm no nível de água nesta faixa pela obstrução do restante da seção.

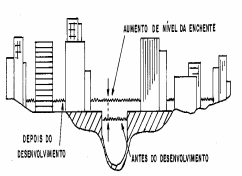
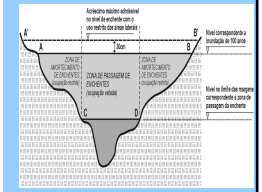


Figura 16.14. Invasões da várzea



Usos da zona de passagem da inundação

- A área pode ser utilizada desde que não obstrua o escoamento e que a inundar não sofra prejuízos humanos e materiais significativos;
- Usos potenciais: agrícola, parques, estacionamentos, banhados e áreas ambientais, serviços.

Zona de Restrição

- *Características*

  Esta é a área restante da superfície inundável que deve ser regulamentada. Esta zona fica inundada mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribuem muito para a drenagem da enchente

Zona de restrição - Usos

- Parques e atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo. Normalmente uma simples limpeza a reporá em condições de utilização, em curto espaço de tempo;
- uso agrícola;
- habitação com mais de um piso, onde o piso superior ficará situado, no mínimo, no nível do limite da enchente e estruturalmente protegida contra enchentes ;

•Industrial, comercial, como áreas de carregamento, estacionamento, áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou não sujeitos a danos de cheia. Neste caso, não deve ser permitido armazenamento de artigos perecíveis e principalmente tóxicos;
•serviços básicos: linhas de transmissão, estradas e pontes, desde que corretamente projetados.

Regulamentação

- O zoneamento é complementado com a subdivisão das regulamentações, onde são orientadas as divisões de grandes parcelas de terra em pequenos lotes, com o objetivo de desenvolvimento e venda de prédios. Portanto, essa é a fase de controle sobre os loteamentos. O Código de Construção orienta a construção de prédios quanto a aspectos estruturais, hidráulicos, de material e vedação

Proteção individual

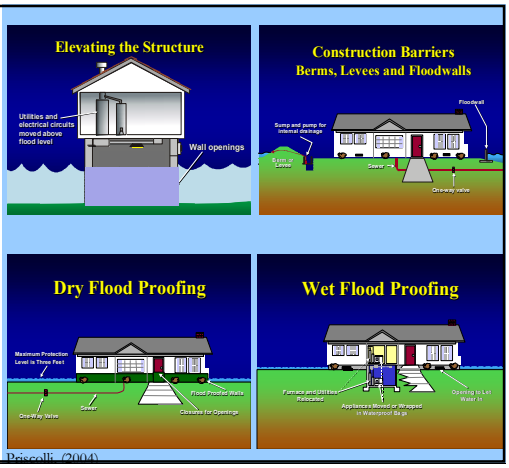
A proteção das habitações com relação às enchentes depende da capacidade econômica do proprietário em realizá-la. Com a implantação de um plano, a municipalidade poderá permitir as construções nessas áreas, desde que atendam condições como as seguintes :

- estabelecimento de, pelo menos, um piso com nível superior à cheia que limita a zona de baixo risco;
- uso de materiais resistentes à submersão ou contato com a água;

•proibição de armazenamento ou manipulação e processamento de materiais inflamáveis, que possam pôr em perigo a vida humana ou animal durante as enchentes. Os equipamentos elétricos devem ficar em cota segura;
•proteção dos aterros contra erosões através de cobertura vegetal, gabiões ou outros dispositivos;
•prever os efeitos das enchentes nos projetos de esgotos pluvial e cloacal;

Proteção individual

- estruturalmente, as construções devem ser projetadas para resistir à pressão hidrostática, que pode causar problemas de vazamento, entre outros, aos empuxos e momentos que podem exigir ancoragem, bem como às erosões que podem minar as fundações;
- fechamento de aberturas como portas, janelas e dispositivos de ventilação;
- estanqueidade e reforço das paredes de porões;
- reforço ou drenagem da lage do piso;
- válvulas em conduto; k) proteção de equipamentos fixos;
- ancoragem de paredes contra deslizamentos.



Priscolli, (2004)

Ocupações existentes

- Quanto às construções já existentes nas áreas de inundação, deverá ser realizado um cadastramento completo das mesmas e estabelecido um plano para reduzir as perdas no local, bem como àquelas provocadas pelo remanso, resultante da obstrução do escoamento.

a) para as obras públicas como escolas, hospitais, e prédios administrativos deve-se verificar a viabilidade de protegê-los ou removê-los para áreas seguras, a médio prazo;

b) as subabitações como favelas e habitações de população de baixa renda, devem ter sua transferência negociada para áreas mais seguras;

c) para áreas industriais e comerciais pode-se incentivar as medidas de proteção às construções e, se for o caso, de toda a área, às expensas dos beneficiados.

Ocupações existentes

- Quando ocorrem remoções ou transferências, o poder público deve estar preparado com planos urbanos para destinar estas áreas para outros usos ou finalidades de lazer, parques, evitando que venham a ser ocupadas novamente por subabitações;

Algumas ações públicas são essenciais neste processo tais como :

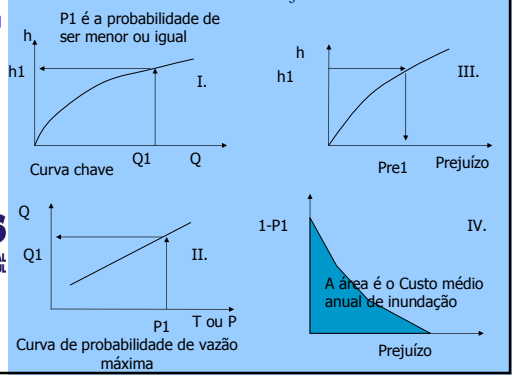
- evitar construção de qualquer obra pública nas áreas de risco como escolas, hospitais e prédios em geral. Às existentes deve possuir um plano de remoção com o passar do tempo ;
- planejar a cidade para gradualmente deselocar seu eixo principal para os locais de baixo risco;

- as entidades de financiamento deveriam evitar financiar obras em áreas de risco.
- utilizar mecanismos econômicos para o processo de incentivo e controle das áreas de risco : (a) retirar o imposto predial dos proprietários que mantiverem sem construção as áreas de risco e utilizem por exemplo, para agricultura, lazer, etc ; (b) procurar criar um mercado para as áreas de risco de tal forma que as mesmas se tornem públicas com o passar do tempo ;
- prever a imediata ocupação das áreas de risco público quando desocupadas com algum plano que demarque a presença no município ou do Estado.

Avaliação econômica

- Os benefícios das inundações são evitar os prejuízos. Portanto, deve-se obter os prejuízos para estimar os benefícios
- Os prejuízos podem ser estimados com base na relação cota x prejuízos.
- Os custos estão relacionados com as medidas para mitigar as inundações

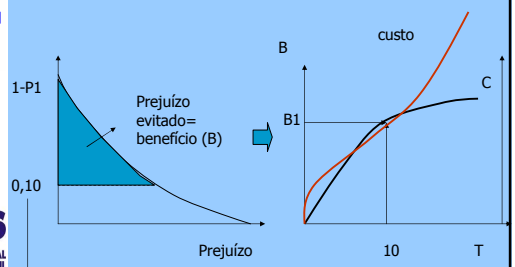
Estimativa da custo médio de inundação



Estimativas da curva de prejuízo

- Dados históricos
- Com base em curvas padrões para residências e metodologia para instalações comerciais e residenciais.
- Levantamento específicos para as instalações.

Custo x benefício



Na realidade a redução de prejuízos para uma obra de 10 anos também reduz prejuízos para riscos maiores que 10 anos.

C = custo das obras para controle em cada tempo de retorno