

10º Encontro Técnico-Científico dos Laboratórios de Engenharia Civil da CPLP

Construir infraestruturas resilientes e reduzir
a vulnerabilidade face às alterações climáticas

DRENAGEM DE INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE

Elsa Alves, Maria do Céu Almeida e Simona Fontul, LNEC, Portugal



LABORATÓRIO
DE ENGENHARIA
DE MOÇAMBIQUE



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

17 e 18 de Junho de 2019
MOÇAMBIQUE • MAPUTO

Apoio



CPLP
Comunidade dos Países
de Língua Portuguesa

SUMÁRIO

- Enquadramento;
- Consequência de um deficiente sistema de drenagem;
- Causas de deterioração de estradas pela ação da água;
- Importância do traçado da infraestrutura;
- Drenagem longitudinal e transversal;
- Dimensionamento de passagens hidráulicas;
- Sistemas de drenagem urbana;
- Notas finais.

Enquadramento

- O sistema de drenagem é o conjunto de dispositivos, superficiais e subterrâneos que tem como finalidade:
 - *Remover rapidamente a água caída plataforma de circulação*
 - *Evitar o acesso da água gerada na hidrográfica e nas zonas adjacentes às infra-estruturas de transporte*



(Knapik, 2017)

- O sistema de drenagem é composto por dispositivos de drenagem **longitudinal, transversal e subterrânea**
- O sistema de drenagem é fundamental para assegurar **um adequado comportamento das obras** mas também para assegurar condições de **segurança na circulação da via**

Consequências de um deficiente sistema de drenagem

- Inundação da via e dos terrenos adjacentes
- Redução da capacidade de aderência das viaturas
- Perda de visibilidade resultante de salpicos
- Interrupção da circulação na via
- Deterioração das estradas / ferrovias



http://safety.fhwa.dot.gov/local_rural/training/fhwasa07018/

Consequências de um deficiente sistema de drenagem

Erosão



<http://www.roadex.org/index.php/e-learning/drainage1>

Consequências de um deficiente sistema de drenagem

Redução da capacidade de carga do conjunto aterro-pavimento



<http://www.roadex.org/index.php/e-learning/drainage1>



<https://www.tsl.state.tx.us/sites/default/files/public/tslac/news/docs/2013releases/SHC-entrance-road-drainage.JPG>

Consequências de um deficiente sistema de drenagem

Erosão e abatimento do aterro devido a mau funcionamento de uma passagem hidráulica



Consequências de um deficiente sistema de drenagem

Destruição de ponte devido à erosão dos taludes dos encontros da ponte



http://www.fema.gov/photolibrary/photo_details.do?id=35691

Consequências de um deficiente sistema de drenagem

Ferrovia: Linha de Sena

Linha de Sena (Beira – Moatize: 575 km)

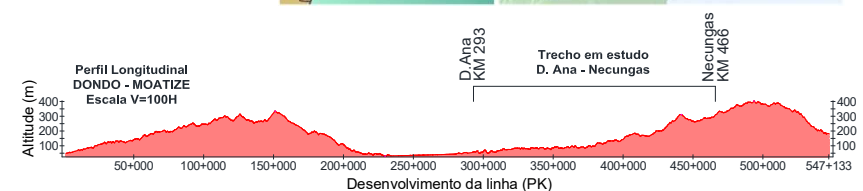
1ª fase (173 km) - Trecho Dona Ana (km 293) – Necungas (km 466)

Objetivo do projeto

- Transporte 20 MT/ano de carvão entre Moatize e o Porto da Beira, durante um período de pelo menos 25 anos

Características da via

- Cargas máxima de 20,5 t/eixo
- Velocidade máxima de 60 km/h
- Bitola de 1067 mm
- Carris do tipo R45 (45,4 kg/m)
- Travessas monobloco de BA pré-esforçado (2,06m @ 0,65m)



(Fortunato, 2018)

Consequências de um deficiente sistema de drenagem



Consequências de um deficiente sistema de drenagem Mas existem problemas de implantação

e as cheias recorrentes
conduzem à inundação da
via-férrea



(Fortunato, 2018)

Consequências de um deficiente sistema de drenagem

Algumas zonas reabilitadas ou em obras ...



...mas mantendo as condições de envolvente difíceis !

(Fortunato, 2018)

Causas de deterioração das estradas pela ação da água

- Deficiente **concepção** das obras de drenagem
 - *Inadequada avaliação dos **caudais** de cheia de projecto*
 - *Deficiente **posicionamento** das obras de drenagem transversal e longitudinal*
 - *Folga insuficientes*
- **Erosões e deslizamentos nos taludes** de escavação e de aterro por deficiente concepção dos sistemas de drenagem
- Erosões nos **leitos e margens dos rios**
- No caso de estradas não pavimentadas, os problemas de erosão do devem ser analisados de forma mais cuidada do que em estradas pavimentadas.
- A permanência da água na superfície da estrada enfraquece o substrato e acelera a sua degradação.

Drenagem longitudinal

- Pretende-se assegurar o rápido escoamento das águas que atingem a superfície da estrada e as zonas envolventes de forma a:
 - **reduzir a erosão** provocada pela água
 - **evitar a infiltração** da água (aumento do teor de humidade dos solos de fundação com a consequente perda da sua capacidade de suporte)

> Tipos de dispositivos

- > Valetas laterais da plataforma não revestidas ou com revestimento vegetal



Drenagem longitudinal

> Tipos de dispositivos

> Dispositivos de descarga lateral



Drenagem transversal

Exemplos



Passagens hidráulicas



Descidas em degraus



Passagens sobre linhas de água

Dimensionamento de passagens hidráulicas

- **Aspetos fundamentais**

- **Hidrológicos**

- **Caudal de ponta**

- **Hidráulicos**

- A orientação em planta e em perfil, a secção transversal da PH, comprimento e inclinação da conduta, as formas de entrada e saída, a natureza do solo nas zonas de aproximação e restituição, os níveis de água a montante e a jusante, as protecções do leito e margens e as sobrelevações do nível de água admissíveis a montante.

- **Económicos**

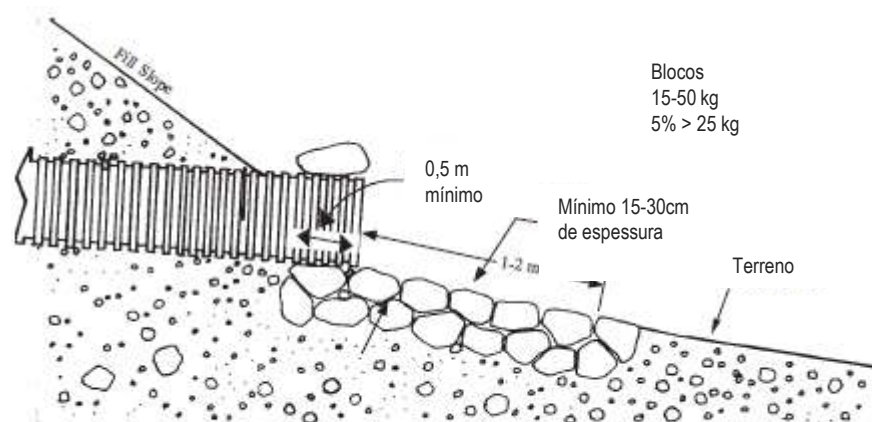
- Relacionados com **a definição dos riscos admissíveis para a obra** e a definição de soluções que minimizem o custo (materiais, geometria das PH, localização, etc)

- **Ambientais**

- Eventuais alterações das condições de escoamento na linha de água

Dimensionamento de passagens hidráulicas

- Velocidade do escoamento a jusante da PH
 - Para evitar fenómenos de erosão que possam por em perigo a estabilidade da PH é necessário prever **proteções com enrocamento ou com gabiões, ou estruturas de dissipação de energia.**



Extraído de *Low-Volume Roads Engineering. Best Management Practices, 2003*

Sistemas de drenagem urbana

Água e cidade - aspetos chave

- > Serviços essenciais à vida, segurança e bem-estar (“monopólio natural”)
- > Infraestruturas de água
 - essencialmente enterradas
 - com elevado valor patrimonial
 - têm especificidades funcionais importantes
 - taxas de deterioração superiores às de reabilitação (esta frequentemente apenas reativa)
 - Falhas têm impactos significativos
 - Caudais variáveis no tempo e espaço
- > Forte dependência entre água e território
- > Disponibilidade, usos e funções
 - Quantidade e qualidade
 - Funções/usos sociedade e naturais

© LNEC 2006



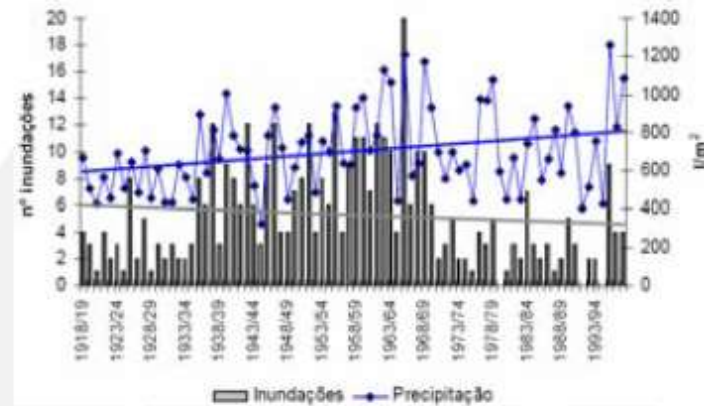
(Almeida e Matos, 2015)

Sistemas de drenagem urbana

Problemas

> Eventos recorrentes

- Inundações com origem em precipitação (escoamento superficial)
- Inundações por insuficiência das redes de coletores
- Colapso de coletores
- Obstruções/entupimento de coletores
- Descargas não tratadas



Precipitação anual e total de inundações por ano em Lisboa - Instituto Geofísico, entre 1918/19 e 1997/98 (Oliveira, 2008)



(Almeida e Matos, 2015)

Sistemas de drenagem urbana

Problemas

Degradação estrutural e operacional pouco evidente

- > Rede de colectores antiga e deteriorada
 - frequência de colapsos elevada na rede de coletores
 - colapsos podem afetar outras infraestruturas (estradas, água, gás, etc.)
 - efeito de sismos pode acelerar colapsos
 - manutenção e reabilitação preventiva insuficientes
- > Colectores unitários de grande dimensão sob principais zonas da cidade

© LNEC 2006



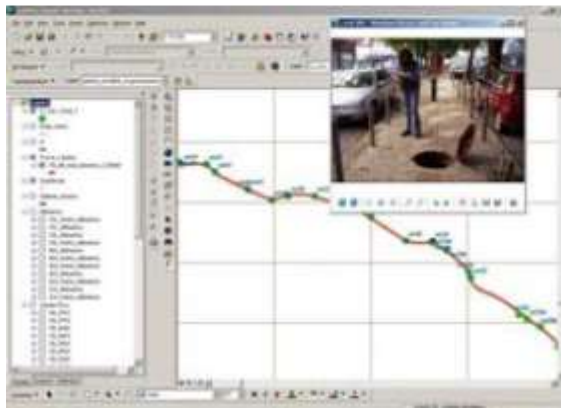
(Almeida e Matos, 2015)

Apoio à Gestão Técnica de Sistemas Urbanos de Água

▼ Gestão patrimonial de infraestruturas

> Caso do caneiro de Alcântara

- Após colapso, com base no cadastro em SIG
- Mapeamento dos problemas estruturais
- Elaborado plano de inspeções prioritárias
- Determinada a condição estrutural, consequências colapso, risco de colapso
- Planeamento das intervenções nos troços prioritários e plano de inspeções

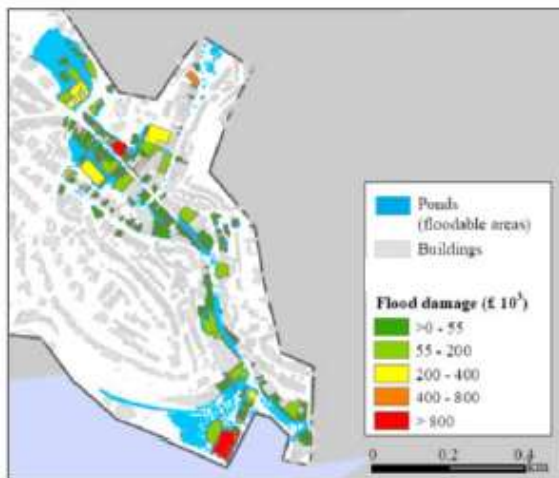
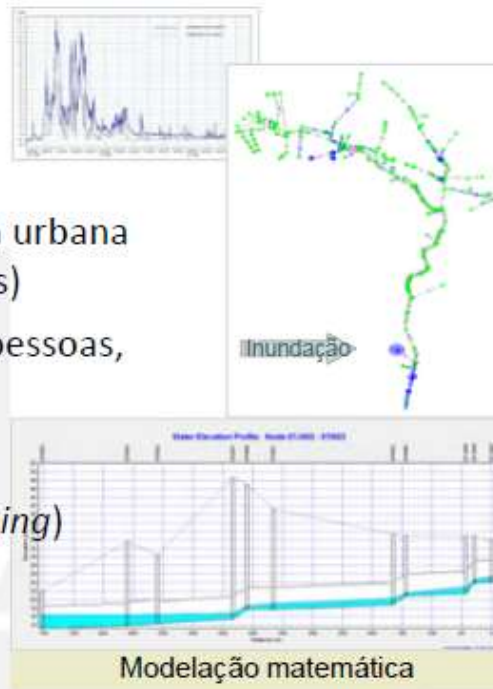


(Almeida e Matos, 2015)

Apoio à Gestão Técnica de Sistemas Urbanos de Água

▼ Aplicação de ferramentas de análise

- > Modelação matemática de sistemas de drenagem urbana (e.g. Baixa Pombalina, Bacia de Alcântara, Beirolas)
- > Caracterização das dimensões de consequência (pessoas, ambiente, património, etc.)
- > Análise de risco (mapas de risco)
- > Estabelecimento de sistemas de aviso (*early warning*)



Mapa de risco de inundação urbana



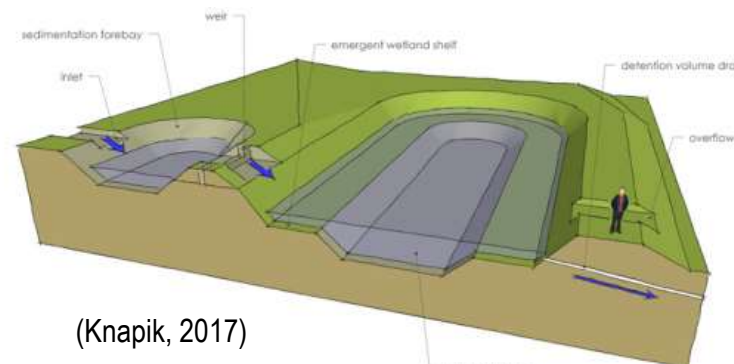
Ocorrência de inundação urbana (Lisboa)

(Almeida e Matos, 2015)

Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável SUDS

Sustainable Urban Drainage Systems

SUDS- Dispositivos de retenção



Dispositivos de retenção	<p>Pântanos artificiais são superfícies inundadas permanentemente que fornecem um armazenamento temporário para um escoamento adicional. Possuem grandes benefícios para animais e plantas. Figura extraída de Woods-Ballard <i>et al</i> (2007).</p>	
	<p>Bacias de detenção são usadas para deter o escoamento (volume) durante um determinado período de tempo, normalmente curto. Estas bacias são projetadas para que após terminada a chuvada de projeto fiquem secas (Woods-Ballard <i>et al</i>, 2007). Figura extraída SC@ (2014).</p>	
	<p>Bacias de detenção extensas são dispositivos que visam a retenção do escoamento durante um período de tempo específico, normalmente 24h. Figura extraída de Woods-Ballard <i>et al</i> (2007).</p>	
	<p>As bacias de retenção são dispositivos de controlo de escoamento e são projetadas para se encontrarem permanentemente com água. Contêm também capacidade de tratamento de água. Figura extraída de Matias (2006).</p>	

(Santos, 2014)

Notas finais

- **O sistema de drenagem é fundamental** para assegurar um adequado **comportamento das obras** mas também para assegurar condições de **segurança** na circulação da via
- É necessário proceder ao seu **dimensionamento**, atender a adequadas práticas de colocação e **prever proteção contra a erosão**.
- Durante a exploração da obra é necessário prever **ações de inspeção e operações de limpeza periódica** dos dispositivos e estruturas de drenagem longitudinal e transversal. Estas ações devem ser intensificadas na sequência de precipitações intensas ou prolongadas. Deve ser identificada a **necessidade de reabilitação das obra**.

Qual é o futuro da drenagem?

<https://www.youtube.com/watch?v=eXeYlegeDHI>



Referências bibliográficas

- “Sistemas urbanos de águas residuais e pluviais. Um olhar sobre Lisboa.” Maria do Céu Almeida e Rafaela Matos *LNEC, Departamento de Hidráulica e Ambiente, AML, 27 de Fevereiro 2015*
- “Estudos para a reabilitação e modernização de vias-férreas em Moçambique”. Eduardo Fortunato, 9º Encontro Técnico-Científico dos Laboratórios de Engenharia da CPLP, Lisboa, 2018

Obrigada!