

Controlo de inundações em meio urbano - intervenções estruturantes previstas para a cidade de Lisboa

José Saldanha Matos ^{a}, António Monteiro ^b, José Silva Ferreira ^c, Filipa Ferreira ^a, Yohann Leboeuf ^a, Ruth Lopes ^a, João Guimarães ^b, Rodrigo Oliveira ^d, António Frazão ^c, Pedro Botelho ^c*

^aHidra, Hidráulica e Ambiente Lda., Av. Defensores de Chaves 31, 1º Esq., 1000-111, Lisboa, Portugal

^bEngidro – Estudos de Engenharia, Lda., R. Luís Cristino da Silva 248, 1950 Lisboa, Portugal

^cEquipa de Projeto PGDL, Câmara Municipal de Lisboa

^d Bluefocus, Av. Defensores de Chaves 31, 1º Esq., 1000-111, Lisboa, Portugal

RESUMO

A ocupação crescente do território, o risco de aumento do nível do mar e a incerteza climática colocam às entidades gestoras dos serviços de águas que operam sistemas pluviais, unitários e pseudo-separativos, desafios crescentes, de natureza quantitativa (de controlo de inundações e dos seus efeitos) e de natureza qualitativa (de controlo de descarga de excedentes poluídos nos meios recetores). Neste artigo apresentam-se as principais intervenções estruturantes para o controlo de inundações na cidade de Lisboa, cuja caracterização mais detalhada se encontra em desenvolvimento e que foram planeadas no âmbito do Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL 2016-2030) recentemente concluído e aprovado pela Câmara Municipal de Lisboa (CML) em sessão de Câmara em 16 dezembro de 2015. Entre as intervenções estruturantes, foi considerada prioritária a construção de dois túneis, o túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia e o túnel Chelas-Beato, a que este artigo dá especial relevo.

Palavras-Chave – Alterações climáticas; desvio de caudais; drenagem pluvial; inundações.

doi: 10.22181/aer.2016.0108

* Autor para correspondência

E-mail: jose.saldanha.matos@tecnico.ulisboa.pt (Prof. J. Saldanha Matos)

Flood control in urban areas – main interventions planned for the Lisbon city

José Saldanha Matos ^{a}, António Monteiro ^b, José Silva Ferreira ^c, Filipa Ferreira ^a, Yohann Leboeuf ^a, Ruth Lopes ^a, João Guimarães ^b, Rodrigo Oliveira ^d, António Frazão ^c, Pedro Botelho ^c*

^aHidra, Hidráulica e Ambiente Lda., Av. Defensores de Chaves 31, 1º Esq., 1000-111, Lisboa, Portugal

^bEngidro – Estudos de Engenharia, Lda., R. Luís Cristino da Silva 248, 1950 Lisboa, Portugal

^cEquipa de Projeto PGDL, Câmara Municipal de Lisboa

^dBluefocus, Av. Defensores de Chaves 31, 1º Esq., 1000-111, Lisboa, Portugal

ABSTRACT

The growing land occupation, the risk of sea level rising and the climate uncertainty pose to the water services managing bodies, operating storm water, combined or partially separated sewer systems, growing challenges, both of quantitative (flood control and its effects) and qualitative (overflow control) nature. The present paper addresses the main structural interventions to be adopted for flood control in Lisbon city, which are currently being developed and detailed, and were planned under Lisbon Drainage Master Plan (PGDL 2016-2030), recently finalized and approved by Lisbon Municipality (CML) on the 16th of December, 2015. Under the PGDL several alternative interventions were analyzed for the different urban catchment basins. Priority was given to the construction of two tunnels: the Monsanto-Santa Marta-Santa Apolonia tunnel and Chelas-Beato tunnel. Such interventions are further detailed herein.

Keywords – Climate changes; floods; flow diversion; storm water drainage.

doi: 10.22181/aer.2016.0108

* Corresponding author

E-mail: jose.saldanha.matos@tecnico.ulisboa.pt (Prof. J. Saldanha Matos)

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Lisboa dispõe de um sistema de saneamento com redes separativas, pseudo-separativas e unitárias, redes ramificadas e redes malhadas, descarregadores, sistemas elevatórios e sifões invertidos, incluindo coletores de idades, secções e materiais bastante diversos, recebendo ainda a contribuição de efluentes de municípios vizinhos, sobretudo de Oeiras e da Amadora, com entidades gestoras diversas. A diversidade e limitação das infraestruturas e o crescimento não controlado da cidade torna a gestão das mesmas especialmente complexa.

As situações de inundação ocorrem, em particular nas zonas baixas e planas da cidade, situadas a jusante de bacias hidrográficas de grande dimensão e com uma ocupação significativa, como é o caso das zonas baixas das bacias de Alcântara e de Chelas. As redes de drenagem destas áreas, junto ao estuário, estão sujeitas às marés e possuem uma reduzida disponibilidade gravítica para o escoamento dos caudais gerados a montante. A situação tem tendência a agravar-se devido à crescente ocupação de território e ao efeito das alterações climáticas, nomeadamente no que respeita ao aumento do nível médio de água do mar e ao aumento da probabilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação.

Constituíram princípios orientadores do Plano Geral de Drenagem de Lisboa (2016-2030) a preocupação em desenvolver uma solução integrada de controlo das inundações, dotando a cidade de um conjunto de infraestruturas de drenagem estruturantes que a preparassem para os desafios do futuro.

Desde o início do século que têm sido realizadas importantes intervenções para encaminhar as águas residuais domésticas da cidade para tratamento, tendo a situação da cidade de Lisboa melhorado significativamente nesse aspeto. Neste âmbito, é de realçar as intervenções nas frentes de drenagem entre o Largo Chafariz de Dentro e o Terreiro do Paço, entre o Terreiro do Paço, Cais do Sodré e Alcântara, e entre Algés e Alcântara, que incluíram a construção de emissários domésticos em “alta” e de descarregadores para controlo de caudal, a instalação de sistemas elevatórios e o alargamento de secção de descargas pluviais. Para além destas importantes intervenções nas frentes de drenagem das zonas baixas da cidade, também se procedeu à reabilitação de diversas infraestruturas noutros locais da cidade. Foram ainda instalados, a partir de 2010 e por parte da SIMTEJO S.A. (atual Águas de Lisboa e Vale do Tejo, AdLVT), udómetros e medidores de caudal, constituindo-se um sistema de monitorização que tem permitido uma gestão do sistema mais adequada às suas solicitações.

Dadas as obras das últimas duas décadas na cidade de Lisboa, pode referir-se que, em grande parte, se encontram resolvidos os problemas de poluição e contaminação dos meios recetores (fundamentalmente o estuário do rio Tejo), em tempo seco, dado que a rejeição se processa, regra geral, após tratamento secundário ou terciário, numa das três Estações de Tratamento de Águas Residuais da cidade (i.e. ETAR de Alcântara, ETAR de Chelas e ETAR de Beirolos).

Nesse contexto, assume prioridade a construção de infra-estruturas e a organização de serviços que permitam a redução dos riscos de inundações e dos seus efeitos, aumentando a qualidade dos serviços e a proteção de pessoas e bens contra fenómenos extremos pluviosos na capital.

No âmbito deste artigo, dá-se ênfase especial às obras consideradas prioritárias, nomeadamente o túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia, com cerca de 5 km de extensão e 5,5 m de diâmetro interior, e o túnel Chelas-Beato de cerca de 1 km de desenvolvimento, com diâmetro interior entre 4,5 e 5,5 m.

2 DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO DO SISTEMA

A área de interesse tem cerca de 10 240 ha e abrange todo o concelho de Lisboa e parcelas dos concelhos da Amadora, Oeiras e Loures, dividindo-se em quatro sistemas: Alcântara, Chelas, Beirolas e Bacias adjacentes. Estes sistemas integram um total de vinte e uma bacias hidrográficas. A maior bacia hidrográfica é a Bacia de Alcântara, que abrange parte da Amadora, e confina a oeste com as ribeiras de Oeiras e a este com Santa Apolónia. Embora com áreas menores, são de destacar as Bacias de Chelas (integra a zona de Madre Deus e Alta de Lisboa) e de Beirolas (que inclui Marvila e Parque das Nações).

Foram vários os projetos e obras de drenagem levadas a cabo, nomeadamente nas décadas de 60 e 70 do século passado, que foram resolvendo alguns problemas de drenagem pluvial na cidade. No entanto, a progressiva evolução urbana e a degradação das infraestruturas têm contribuído para um aumento da vulnerabilidade do sistema à ocorrência de inundações, em particular na zona de Alcântara, Sete Rios, “Baixa de Lisboa” (Martim Moniz-Praça da Figueira e Rua de São José-Portas de Santo Antão e Rossio), bem como Xabregas. Mais recentemente, assumiram relevo as inundações que ocorreram a 22 de setembro e 13 de outubro de 2014.



Figura 1. Registos de inundações na Praça de Espanha a 22 de setembro de 2014 (à esquerda) e em Alcântara a 13 de outubro de 2014 (à direita)

A rede de drenagem do concelho de Lisboa totaliza cerca de 1 430 km, sendo que uma percentagem inferior a 15% apresenta um diâmetro equivalente superior a 1 m.

A avaliação da capacidade de drenagem efetuada para caudais de ponta pluviais, considerando precipitações com período de retorno de 10 anos, permitiu verificar a existência de um número elevado de troços com capacidade de drenagem insuficiente. As situações de falta de capacidade hidráulica distribuem-se de forma homogénea pela cidade de Lisboa; porém, verifica-se que as zonas ribeirinhas apresentam uma maior densidade de troços em carga, o que ocorre geralmente devido à reduzida disponibilidade gravítica para o escoamento dos caudais gerados a montante e à influência da maré. A baixa de Alcântara e de Xabregas constituem zonas localizadas a

jusante de bacias hidrográficas de grandes dimensões e, por ocorrência de eventos extremos de precipitação associados a situações de preia-mar, as infraestruturas de drenagem não têm capacidade para escoar os caudais afluentes, levando a extravasamentos e consequentes inundações.

3 ESTRATÉGIA DE CONTROLO DAS INUNDAÇÕES E SOLUÇÕES PROPOSTAS

Dada a dimensão dos problemas de drenagem da cidade de Lisboa, é necessária a implementação de intervenções de natureza estrutural de grande magnitude, que diminuam de forma significativa estes problemas. Tendo em conta as características da cidade de Lisboa, próprias de uma cidade antiga, consolidada e densamente ocupada no centro urbano, onde o turismo assume grande importância, foram considerados os seguintes princípios básicos orientadores na conceção das soluções:

- 1) Ênfase no controlo dos riscos de inundação, tendo em conta o atual controlo da poluição em tempo seco, cujos efluentes passam quase integralmente por tratamento secundário ou terciário antes da rejeição.
- 2) Preocupação em desenvolver soluções com impacto mínimo do ponto de vista social, nomeadamente com minimização de intervenção nas zonas mais urbanizadas e condicionadas da cidade.
- 3) Preocupação em combinar soluções estruturantes, prioritárias, para aliviar as zonas baixas das grandes bacias hidrográficas (i.e. dois túneis para desvio de caudais), com intervenções complementares nas bacias e redes secundárias, igualmente necessárias ao controlo localizado das inundações.
- 4) Regras e preocupações e/ou medidas compensatórias a implementar nas novas construções, de modo a evitar o aumento das áreas impermeabilizadas.

Neste sentido, no âmbito do PGDL (2016-2030), foram propostas diversas medidas com vista à melhoria do desempenho do sistema de drenagem, que podem ser genericamente agrupadas nas seguintes categorias principais:

- 1) **Desvio de caudais** – Para o controlo do risco de inundação em zonas críticas, recomenda-se a construção de dois túneis, nomeadamente, o túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia (de diâmetro interno de 5,5 m e 5 km de extensão, com início na Quinta José Pinto e descarga na zona de Santa Apolónia), e o túnel Chelas-Beato (com uma extensão de cerca de 1 km e diâmetro interno de 5,5 m).
- 2) **Soluções de controlo na origem de águas pluviais** (bacias/reservatórios de amortecimento e trincheiras de infiltração) – Prevê-se a implantação de uma bacia de infiltração/retenção, a céu aberto, junto ao Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas (Monsanto), bem como na Ameixoeira. É ainda recomendada a implementação de soluções de controlo na origem baseadas em reserva e amortecimento de caudais no Parque da Quinta das Conchas e, possivelmente, na rotunda Baden-Powell (Av. de Berlim). É também proposta a construção de uma trincheira de infiltração no sopé de Monsanto.
- 3) **Reforço de capacidade de transporte da rede de drenagem** – Dada a existência de problemas estruturais associados ao mau estado de conservação do sistema e à sua reduzida capacidade hidráulica, são

previstas diversas intervenções de substituição ou reabilitação de diferentes troços de coletores, praticamente em todas as bacias de drenagem de Lisboa. Recomenda-se que a substituição ou a reabilitação da rede de drenagem seja antecedida por inspeção cuidada, nomeadamente por CCTV, para aferir a magnitude da intervenção e qual a abordagem mais adequada.

- 4) **Redução de perdas de carga localizadas** – Em determinados locais do sistema de drenagem de Lisboa, dada a configuração da rede, as perdas de carga localizadas são significativas levando, por vezes, ao extravasamento de caudais (mesmo sem que a capacidade hidráulica dos coletores seja atingida). É o caso do cruzamento da Rua do Telhal/Rua das Pretas com a R. de S. José/Av. da Liberdade, bem como no Martim Moniz/Praça da Figueira, na proximidade do Hotel Mundial, onde a rede de drenagem local tem que ser reconfigurada.
- 5) **Outras intervenções** – No âmbito do PGDL foram previstas intervenções complementares, designadamente: reforço/substituição da drenagem superficial, com a construção de dispositivos intercetores de superfície (sarjetas de passeio e sumidouros de grades); execução de um programa de inspeção por CCTV e de atualização do cadastro; implementação de uma rede de monitorização de águas residuais que permita a recolha de dados de alturas de escoamento, de caudais de descarga e, eventualmente, de parâmetros de qualidade, em secções estratégicas; beneficiação de descargas no rio Tejo, com vista à redução das velocidades e, consequentemente, das perdas de carga localizadas; beneficiação do troço marítimo do caneiro de Alcântara; renovação da rede de drenagem; realocização de estruturas/soluções urbanísticas; formação, capacitação e gestão de ativos.

4 INTERVENÇÕES ESTRUTURANTES PREVISTAS PARA A CIDADE DE LISBOA

A solução recomendada e aprovada no PGDL (2016-2030) inclui a construção de dois túneis de desvio de caudais.

O túnel de drenagem Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia, com diâmetro interno de 5 500 mm e com 5 km de comprimento, desenvolver-se-á desde a Quinta José Pinto, na zona de Campolide (de forma a interceptar o Caneiro de Alcântara num troço imediatamente a jusante da confluência dos dois ramos), até à zona de Santa Apolónia, onde descarregará os caudais interceptados para o rio Tejo. O traçado deste túnel, que terá capacidade para escoar caudais superiores a 160 m³/s, para período de retorno de 100 anos, é apresentado na Figura 2.

A obra de entrada no túnel (Figura 3), na interceção do Caneiro de Alcântara, está a ser concebida por forma a assegurar que os caudais domésticos e um volume inicial dos caudais pluviais, até cerca de 6 m³/s, continuam para jusante, de forma a afluírem à ETAR de Alcântara. O desvio dos caudais pluviais nesta secção permite aliviar toda a rede de coletores existentes a jusante da interceção, que dispõem assim de maior capacidade para escoar os caudais afluentes provenientes das bacias de jusante. Na obra de entrada está igualmente previsto um poço de grossos.

No túnel, prevê-se a construção de duas câmaras de interceção (incluindo poço de grossos), na Rua de Santa Marta e na Av. Almirante Reis, com o objetivo de interceptar os principais coletores unitários atravessados pelo túnel

e de encaminhar os caudais pluviais para dois poços com quedas em vórtice, que possibilitarão uma queda controlada dos caudais interceptados para o interior do túnel.



Figura 2. Traçado do túnel de drenagem Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia

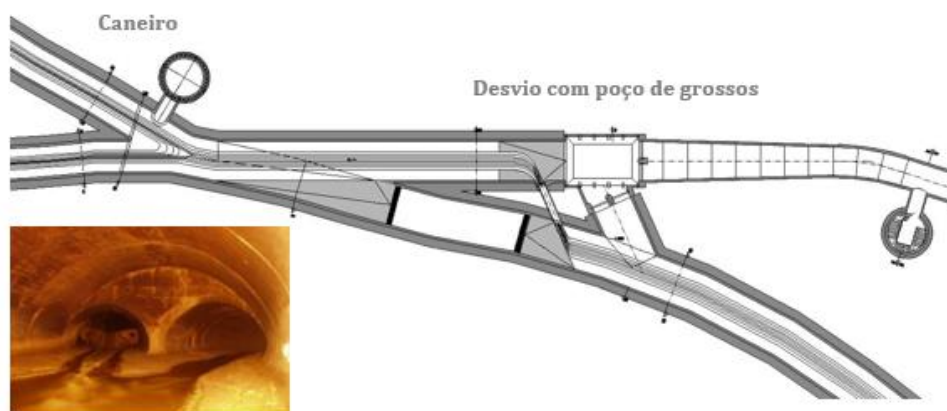


Figura 3. Obra de entrada do túnel de drenagem Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia

Quer as câmaras quer os poços são obras de alguma complexidade, que ocupam áreas significativas, com grande profundidade de implantação e de difícil execução, por estarem localizadas em meio urbano onde o espaço disponível é escasso e devido à interferência com grandes infraestruturas (tais como o Metro, nomeadamente na zona da Av. Almirante Reis e em Santa Apolónia). Dado que os coletores interceptados são unitários, é importante que sejam construídas câmaras de interceção que desviem os caudais de tempo seco, por forma a que estes afluam aos descarregadores existentes e assim sejam conduzidos ao sistema interceptor que os transporta para a ETAR de Alcântara. Na Figura 4 e na Figura 5, respetivamente,

apresenta-se a implantação da câmara de interceção e do poço de queda de Santa Marta e a representação esquemática de um poço com queda em vórtice.

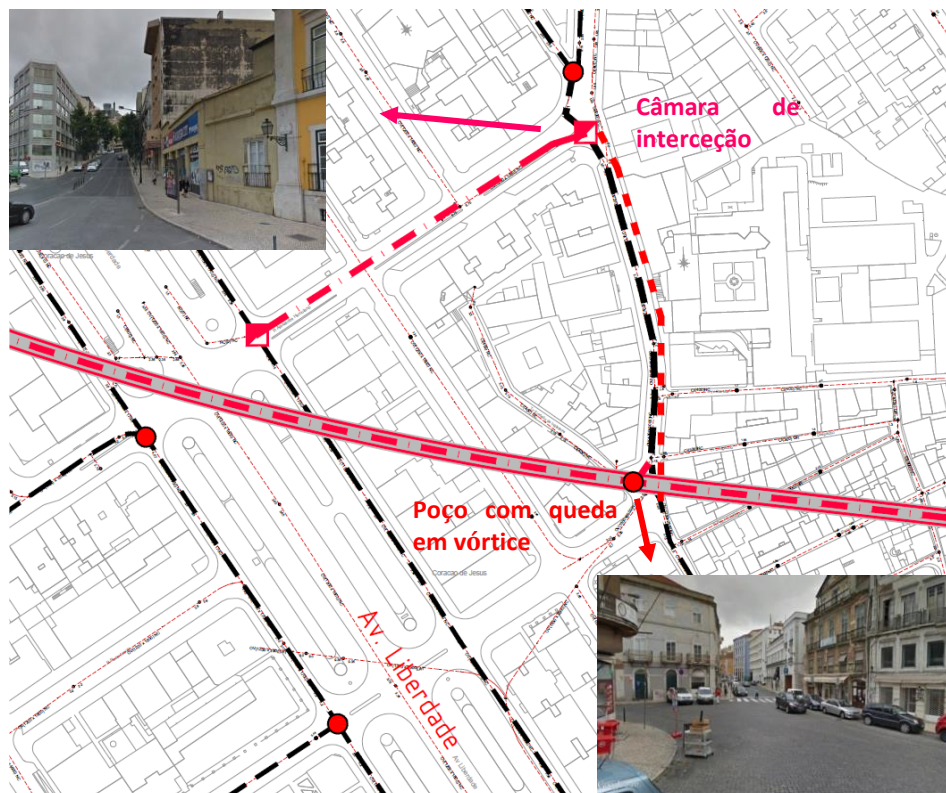


Figura 4. Localização da câmara de interceção e poço com queda em vórtice na Rua de Santa Marta

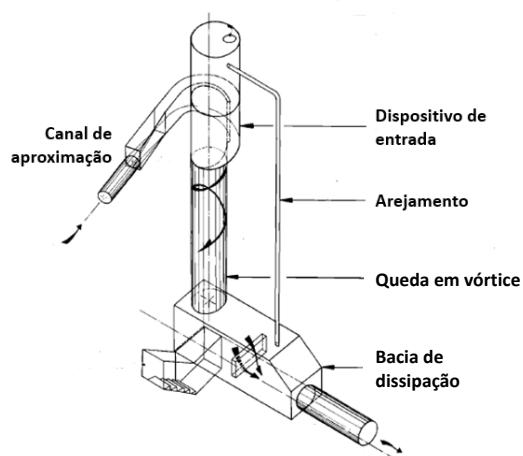


Figura 5. Representação esquemática e em modelo do poço com queda em vórtice (adaptada de Kellenberger, 1988)

Na zona de descarga do túnel, em Santa Apolónia, prevê-se um alargamento progressivo da secção de modo a reduzir as velocidades de escoamento e a limitar as perdas de carga localizadas na descarga para o rio Tejo (Figura 6, desenvolvida sobre o Programa Base do Projeto Integrado de Enquadramento e Integração de Intervenção Artística – Obra de Arte para a Frente da

Estação de Santa Apolónia, 2015). Esta redução de velocidades é também importante dada a proximidade da secção de descarga com o Terminal de Cruzeiros, a fim de minimizar inconvenientes para as embarcações. A secção desde o túnel até à descarga deverá sofrer igualmente um estreitamento vertical, condicionado pela presença do metro.

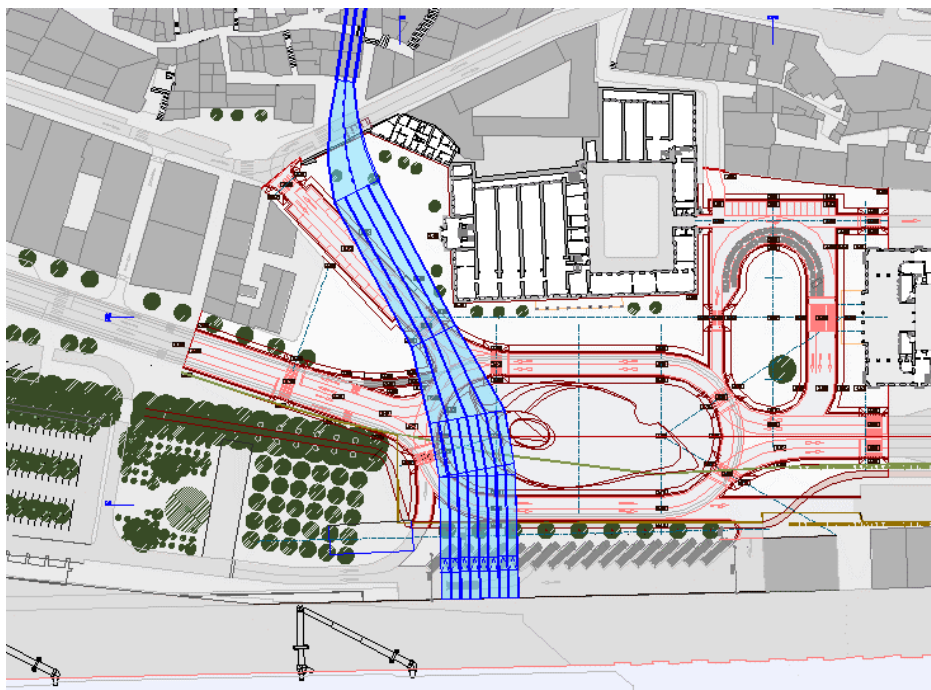


Figura 6. Localização e representação da obra de descarga do túnel Monsanto / Santa Marta / Santa Apolónia

O segundo túnel (Figura 7), com cerca de 1 km de comprimento, entre Chelas e Beato, visa resolver fundamentalmente os problemas de inundações na zona de Xabregas, desviando os caudais provenientes do coletor da Estrada de Chelas. Prevê-se que o túnel tenha o mesmo diâmetro do primeiro de forma a aproveitar a máquina tuneladora.

Prevê-se neste sistema a construção de três descarregadores de tempestade, a montante do túnel, para intercepar os caudais domésticos das bacias de Picheleira, Quartel e Chelas. A obra de entrada deste túnel será construída com base nos mesmos critérios adotados para o túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia.

Prevê-se na secção de saída do túnel, na zona do Porto de Lisboa em Xabregas, tal como previsto para o primeiro túnel, o alargamento da secção, para reduzir as velocidades de escoamento e limitar as perdas de carga localizadas na transição do túnel para o rio Tejo.

Prevê-se neste sistema a construção de três descarregadores de tempestade, a montante do túnel, para intercepar os caudais domésticos das bacias de Picheleira, Quartel e Chelas. A obra de entrada deste túnel será construída com base nos mesmos critérios adotados para o túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia.

Prevê-se na secção de saída do túnel, na zona do Porto de Lisboa em Xabregas, tal como previsto para o primeiro túnel, o alargamento da secção,

para reduzir as velocidades de escoamento e limitar as perdas de carga localizadas na transição do túnel para o rio Tejo.



Figura 7. Traçado em planta do túnel Chelas – Beato

5 CONCLUSÕES

O PGDL (2016-2030) apresenta um conjunto de intervenções estruturantes e complementares que visam controlar os problemas de inundação que ocorrem na cidade de Lisboa, sobretudo nas zonas baixas. Este plano inclui um diagnóstico dos principais problemas de drenagem e define as áreas onde a frequência e a dimensão das inundações, assim como os prejuízos sofridos pela população, justificam uma atenção particular. A baixa de Alcântara, o centro da cidade (i.e. Rossio, Rua de S. José, Portas de Santo Antão, Praça da Figueira e Martim Moniz) e a zona de Xabregas (Rua Gualdim Pais) foram identificadas como áreas de intervenção prioritária, a que acresce a zona do cruzamento da Avenida de Berlim com a Avenida Infante Santo.

Como medida estruturante, recomenda-se a construção de dois túneis para desviar os caudais numa zona a montante dos locais de inundação, evitando que estes afluam às zonas baixas da cidade, onde a rede de drenagem, pela sua dimensão, reduzida inclinação dos coletores e por estar sob efeito da maré, apresenta uma capacidade de escoamento insuficiente.

Neste artigo caracterizam-se as principais intervenções estruturantes para o controlo de inundações na cidade de Lisboa, designadamente o túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia e o túnel Chelas-Beato. É dada ênfase às entradas e descargas dos túneis, bem como aos poços de descarga localizados na R. de Santa Marta e na Av. Almirante Reis, que se prevê que venham a dispor de câmara de interceção e poço de grossos (a montante) e de quedas em vórtice com ligação ao túnel.

REFERÊNCIAS

- CHIRON/ENGIDRO/HIDRA (2007). *PGDL – Plano Geral de Drenagem de Lisboa - Fases A, B, C, D e E*. Desenvolvido para a Câmara Municipal de Lisboa
- CML (2012). *Plano Diretor Municipal de Lisboa 2012*, <http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal>
- Kellenberger M. H. (1988). *Wirbelfallschächte in der Kanalisationstechnik*. Nr.98 Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. ETH Zurich