

METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE ALERTA EM TEMPO REAL DA QUALIDADE DE ÁGUAS ESTUARINAS

Luís Mesquita DAVID

Investigador Auxiliar, LNEC (DHA-NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, +351218443839, ldavid@lneec.pt

Anabela OLIVEIRA

Investigadora Principal, LNEC (DHA-NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, +351 21 844 3631, aoliveira@lneec.pt

José Saldanha MATOS

Professor Catedrático, IST/UTL, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, 21 841 83 71, jsm@civil.ist.utl.pt

Pedro PÓVOA

Responsável da unidade de I&D, SimTejo, Av. Defensores de Chaves 45, 1000-112 Lisboa, Portugal, +351 21 310 79 00, p.povoa@simtejo.adp.pt

José MENAIA

Investigador Principal, LNEC (DHA-NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, +351 21 844 3841; jmenaia@lneec.pt

Rita Fernandes de CARVALHO

Professora Auxiliar, DEC-FCT-Univ. de Coimbra, Pólo II, R. Luis Reis Santos, Pinhal de Marrocos, 3030-788 Coimbra, +351239797150, ritalmfc@dec.uc.pt

Marta RODRIGUES

Bolseira de Doutoramento, LNEC (DHA-NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, +351 21 844 3016, mfrdrigues@lneec.pt

Gonçalo de JESUS

Bolseiro de Investigação, LNEC (DHA-NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, +351 21 844 3748, gjesus@lneec.pt

André B. FORTUNATO

Investigador Principal com Habilitação, LNEC (DHA-NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, +351 21 844 3425; afortunato@lneec.pt

Carla RODRIGUES

Equiparada a Assistente, ESACoimbra/IPC, Bencanta, 3040-316 Coimbra, Portugal, +351 239 802 940, carlar@esac.pt

Conceição DAVID

Técnica especializada na unidade de I&D, SimTejo, Av. Defensores de Chaves 45, 1000-112 Lisboa, Portugal, +351 21 310 79 00, c.david@simtejo.adp.pt

Filipa FERREIRA

Professora Auxiliar, IST/UTL, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, 21 841 83 71, filipaf@civil.ist.utl.pt

Rafaela Saldanha MATOS

Investigadora-Coordenadora, LNEC (DHA-NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, +351 21 844 3420, rmatos@lneec.pt

RESUMO

No âmbito do projecto PREPARED – *Enabling Change* (7PQ), e do Projecto SIMAI – *Sistemas de Monitorização e Aviso em infra-estruturas de drenagem urbana* (FCT), está a ser desenvolvido um sistema piloto de alerta precoce de contaminação de águas estuarinas. Este trabalho integra de forma explícita os vários meios em jogo, às escalas espaciais e temporais adequadas, desde a bacia de drenagem até ao meio receptor. Compreende actividades experimentais, de modelação numérica, de monitorização da qualidade da água em tempo real e o desenvolvimento do sistema de alerta, com base no sistema integrado de monitorização e modelação e na estrutura de previsão em tempo real. Pretende-se apresentar a metodologia e os desenvolvimentos preliminares deste sistema de alerta.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão em tempo real, modelação integrada, monitorização, sistemas de previsão e alerta

1. INTRODUÇÃO

A Directiva Quadro da Água (2000/60/EC, de 23 de Outubro) *que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água*, protagonizou uma nova abordagem na gestão da água, a qual condiciona os Estados-membros ao desenvolvimento concertado de diversas acções tendo em vista atingir o bom estado das águas até final 2015. Esta directiva define várias etapas no planeamento dos recursos hídricos e na implementação de medidas, que incluem a identificação de pressões, a monitorização das águas e a aplicação de estratégias de controlo da poluição, nomeadamente do controlo das descargas tóxicas e difusas, e que levam à revogação de três directivas no final de 2007 e de outras quatro até final de 2013.

Neste contexto, mantendo-se válidas a Directiva 91/271/CEE, relativa ao tratamento de águas residuais, e a Directiva 98/83/CE, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano, surgem dois novos diplomas europeus de grande importância: a Directiva 2006/7/CE, relativa à gestão das águas balneares, e a Directiva 2007/60/CE, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações. A Directiva 2006/7/CE prevê a criação e manutenção de sistemas de vigilância e de alerta rápido que permitam identificar incidentes de poluição que possam ter um efeito adverso na qualidade das águas balneares, nomeadamente os resultantes de condições climáticas extremas. Esta Directiva não abrange as águas com usos de recreio.

Os sistemas de vigilância e alerta precoce requerem a existência de uma rede de monitorização em tempo real assim como instrumentos de previsão que permitam antecipar a ocorrência de acidentes de poluição e a tomada de decisões de gestão que permitam minimizar os seus efeitos. Estes sistemas têm vindo a ter um grande desenvolvimento na última década, em particular nas zonas estuarinas e costeiras, para previsão da hidrodinâmica e da propagação da agitação marítima.

No entanto, quer a monitorização quer a previsão de processos de poluição e contaminação envolvem ainda um conjunto de desafios para que se possa obter alertas precoces com fiabilidade, em particular quando envolvem um meio receptor de matriz ambiental muito variável como os meios estuarinos. Nos últimos anos tem-se verificado uma grande melhoria na abrangência dos sensores para parâmetros de qualidade da água em colectores, os quais necessitam agora de ser validados em ambientes de salinidade variável, como o estuário do Tejo. Por outro lado, a capacidade dos modelos de previsão da qualidade da água tem também crescido, muito alimentada pelos avanços significativos nos recursos computacionais, em particular nos de elevado desempenho. No entanto, ainda é necessário melhorar o conhecimento dos processos de decaimento dos contaminantes em meio estuarinos e investigar, caso-a-caso, como se podem relacionar os indicadores de contaminação com as grandezas correntemente mensuráveis por sensores em tempo real.

O estuário do Tejo e as suas aflúncias urbanas constituem um caso de estudo de elevado interesse para abordar estas questões. Nos últimos anos, têm sido desenvolvidos grandes esforços, com resultados positivos, para controlar as descargas da frente ribeirinha de Lisboa para o estuário do Tejo. A título de exemplo, a SimTejo, a empresa responsável pelo sistema de drenagem em alta de Lisboa, investiu, nos últimos anos, cerca de 77 milhões de euros em obras de beneficiação da ETAR de Alcântara e cerca de 36 milhões de euros na reabilitação e construção de novos sistemas interceptores e estações elevatórias na frente ribeirinha entre o Terreiro do Paço e Alcântara. Em paralelo, esta

empresa tem também feito fortes investimentos na monitorização em tempo real e em diferido no sistema, criando as condições de base para o estabelecimento de um sistema de alerta sustentado.

No âmbito do projecto do 7º Programa Quadro PREPARED – *Enabling Change*, que pretende contribuir para a preparação de várias cidades para os impactos das alterações climáticas no ciclo urbano da água, e do Projecto SIMAI – *Sistemas de Monitorização e Aviso em infra-estruturas de drenagem urbana*, está a ser desenvolvido um sistema piloto de alerta precoce de poluição de águas estuarinas, usando a frente ribeirinha da cidade de Lisboa (frente Terreiro do Paço-Alcântara) como caso de estudo. O objectivo deste artigo é assim apresentar a metodologia e os desenvolvimentos preliminares deste sistema de alerta.

2. METODOLOGIA

Este trabalho integra de forma explícita os vários meios em jogo, às escalas espaciais e temporais adequadas, desde a bacia de drenagem até ao meio receptor.

O projecto prevê o desenvolvimento das seguintes actividades principais:

- 1) selecção de uma área de estudo e recolha de elementos de base;
- 2) realização de campanhas experimentais exploratórias;
- 3) modelação matemática - sistema de drenagem e estuário;
- 4) monitorização de parâmetros hidráulicos e de qualidade da água em tempo real;
- 5) integração dos modelos e dos dados de monitorização numa plataforma para controlo em tempo real, com base na plataforma de previsão da hidrodinâmica do estuário (<http://ariel.lnec.pt>);
- 6) desenvolvimento de um protótipo de sistema de alerta, com base no sistema integrado de monitorização e modelação e na estrutura de previsão em tempo real.

3. SELECÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Lisboa desenvolve-se ao longo do estuário do Tejo e dispõe de uma rede de colectores principais extensa, dividida em várias bacias de drenagem (Figura 1). A bacia do caneiro de Alcântara é a maior da cidade de Lisboa, ocupando uma área de cerca 3200 ha, dos quais cerca de 1000 ha pertencem ao Concelho da Amadora, tendo sido seleccionada para este estudo piloto. O sistema de drenagem de Alcântara é maioritariamente unitário ou pseudo-separativo, embora as urbanizações mais recentes disponham de sistemas separativos. Estima-se que a bacia apresente uma ocupação em áreas de pavimentos, telhados e permeáveis de, respectivamente, 23%, 22% e 54%. A bacia inclui uma área do Parque Florestal de Monsanto. A rede de colectores principais totaliza cerca de 250 km de comprimento e apresenta cerca de 10 secções transversais diferentes, com dimensões que variam entre menos de 0,80 m até 8 m de largura. A área ribeirinha está sujeita a inundações devido a

diversos factores, destacando-se os reduzidos declives, a influência do nível de maré do estuário do Tejo e as condições propícias à deposição de matéria orgânica.

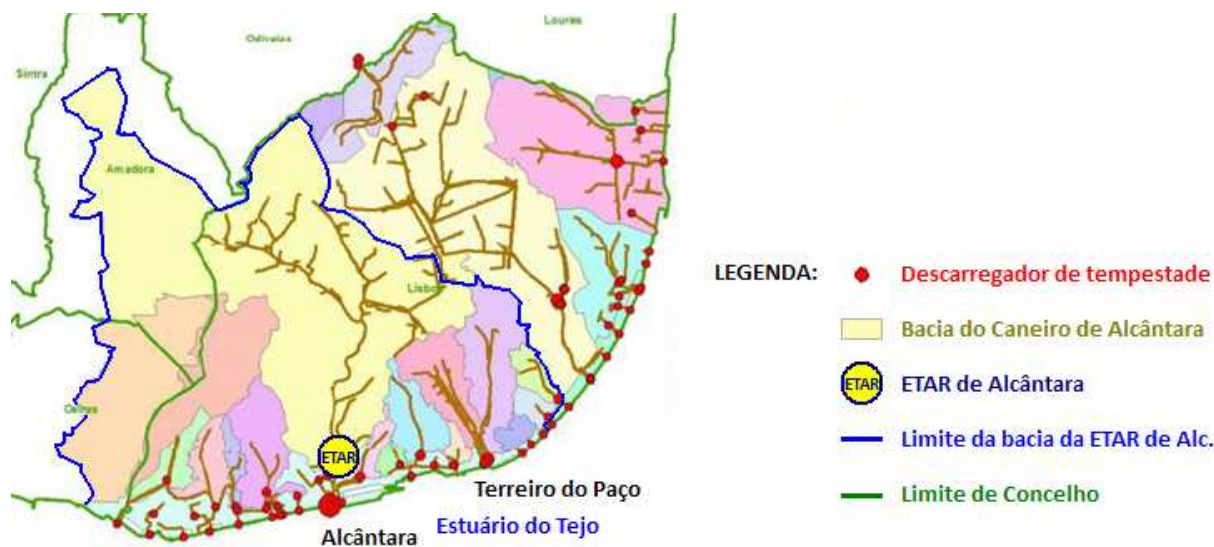


Figura 1 – Principais bacias de drenagem de Lisboa

A ETAR de Alcântara serve a área ocidental da cidade de Lisboa, estando dotada com tratamento secundário (decantação lamelar assistida e biofiltração em tempo seco e físico-químico avançado em tempo húmido) e desinfecção. A maior parte do escoamento do caneiro de Alcântara afluí à ETAR por gravidade (“zona alta”), embora cerca de 40% do caudal actualmente tratado seja gerado em bacias vizinhas (“zona baixa”) e provenha à ETAR a partir do sistema interceptor localizado ao longo da frente ribeirinha, que integra diversas estações elevatórias (Figura 1). A ETAR recebe actualmente um caudal médio diário da ordem de 1.5 m³/s, prevendo-se que aumente para 2.6 m³/s até 2030, como resultado do acréscimo dos caudais bombeados a partir zona baixa da cidade.

No âmbito do projecto de reabilitação, a ETAR de Alcântara foi redimensionada para servir cerca de 700 000 habitantes equivalente (dos Concelhos de Lisboa, Amadora e Oeiras) e foi equipada com um sistema de floculação com balastro de areia micrométrica Actiflo®, para tratamento das afluências em tempo de chuva. Actualmente, a ETAR dispõe de uma capacidade de tratamento instalada para um caudal de ponta de 3,3 m³/s em tempo seco (tratamento biológico) e 6,6 m³/s em tempo de chuva (tratamento físico-químico avançado).

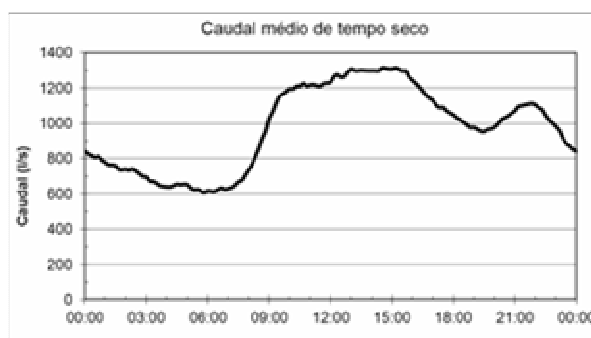
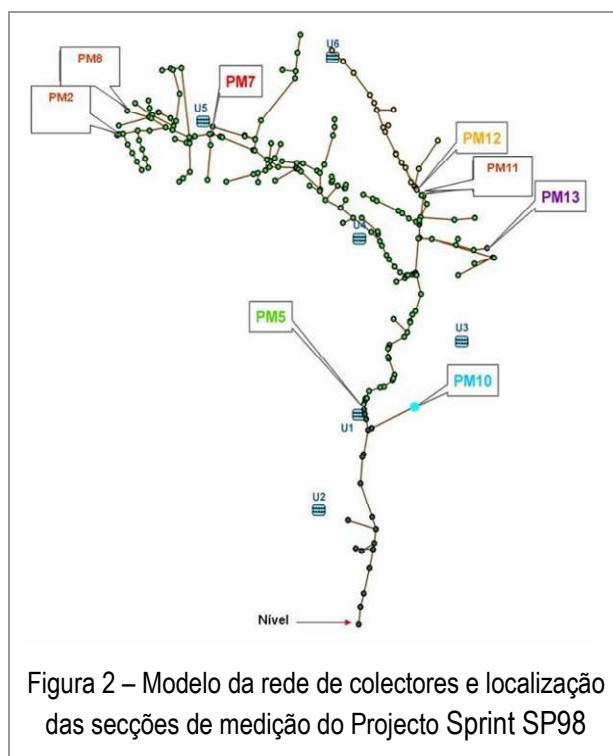
A gestão do ciclo urbano das águas pluviais e residuais na cidade de Lisboa está estreitamente ligada ao estuário do Tejo, enquanto meio receptor para estes efluentes. O efluente da ETAR de Alcântara é encaminhado para o caneiro de Alcântara e descarregado no estuário do Tejo, cerca de 2 km a jusante, junto à Doca de Santos (Figura 1). O estuário do Tejo é um sistema mesotidal, com marés semi-diurnas, sendo também influenciado pelo efeito do caudal fluvial e do vento. No ponto de descarga, o escoamento é bidireccional (ciclo enchente/vazante) e sujeito a gradientes salinos elevados, estando as actividades de recreio concentradas a jusante da descarga.

4. MODELAÇÃO MATEMÁTICA

4.1. Sistema de drenagem

No âmbito do projecto europeu Sprint SP98 (1994-97), o LNEC e a Câmara Municipal de Lisboa desenvolveram um modelo matemático dos principais colectores e respectivas sub-bacias de drenagem da bacia de Alcântara. O modelo foi construído no programa HydroWorks (antecessor do actual InfoWorks, de Wallingford software) e compreendia 219 nós, 219 troços de colectores e 132 sub-bacias (Cardoso *et al.*, 1997). A ocupação das bacias foi caracterizada com base na informação de cadastro, tendo sido aferida e complementada com observação *in situ* nos locais sujeitos a recentes intervenções urbanísticas ou rodoviárias, ou onde existiam dúvidas. Posteriormente, no âmbito de outras colaborações do LNEC e do IST com a Câmara Municipal de Lisboa e com a SimTejo, os modelos foram actualizados, alargados à frente ribeirinha e reconstruídos no programa SWMM (Ferreira *et al.*, 2004; David *et al.*, 2007b) e no programa de modelação conceptual 4S-drainage desenvolvido no LNEC (David *et al.*, 2007a; David *et al.*, 2011).

Os modelos foram calibrados para os eventos de precipitação monitorizados no âmbito do referido projecto europeu. A Figura 2 ilustra o modelo da rede de colectores de Alcântara e a localização dos pontos de medição de precipitação (U1 a U6) e de caudal (PM1 a PM13). Na Figura 3 apresenta-se o padrão médio diário do caudal de tempo seco afluente à ETAR por gravidade, através do caneiro de Alcântara, e na Figura 4 comparam-se os caudais medidos com os fornecidos pelo modelo 4S-drainage, ao longo de 4 dias com grande intensidade de precipitação.



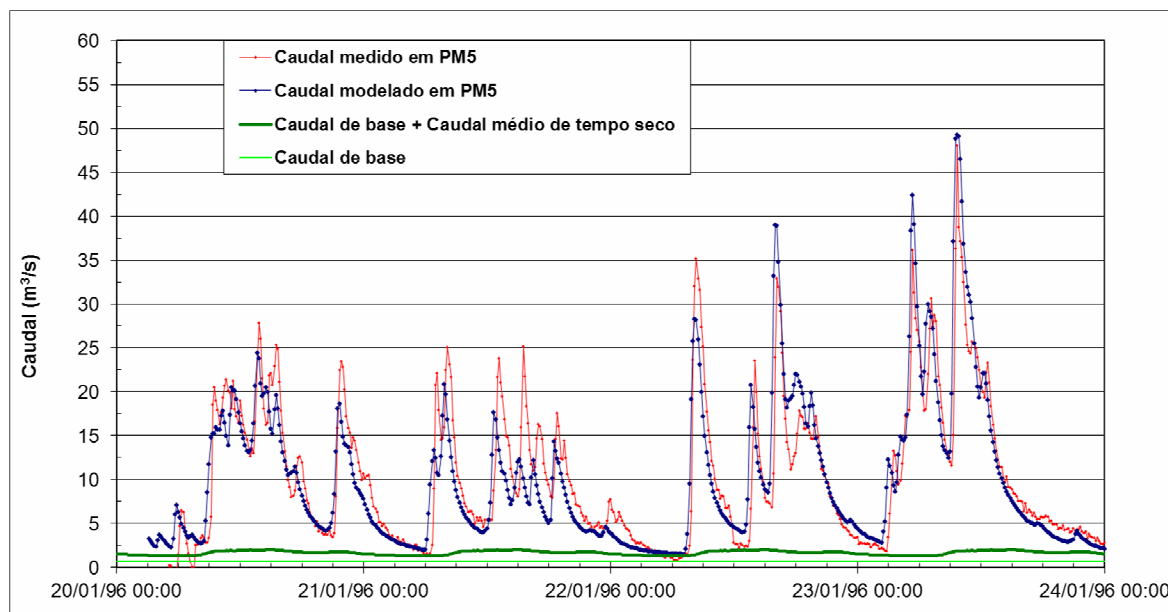


Figura 4 – Hidrogramas medido e modelado na secção do caneiro a montante da ETAR (PM5)

4.2. Estuário

O modelo do estuário do Tejo consiste numa aplicação barotrópica tridimensional do modelo hidrodinâmico SELFE (ZHANG E BAPTISTA, 2008), a qual teve por base a aplicação barotrópica bidimensional de VARGAS *et al.* (2008). O modelo é discretizado horizontalmente com uma malha com cerca de 19000 nós e 35000 elementos (Figura 5). A resolução espacial varia entre 2 km na zona costeira e 30 m a montante. Verticalmente o domínio é discretizado com 31 níveis S e Z. Este modelo foi calibrado e validado com os dados de níveis e correntes de 1972 (Vargas *et al.*, 2008).

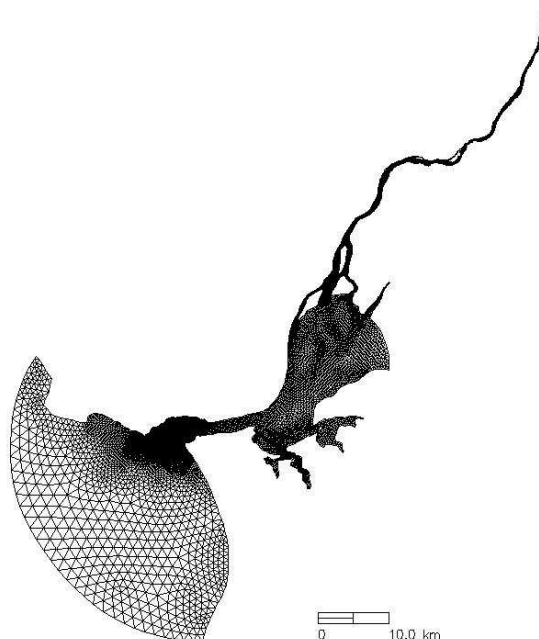


Figura 5 – Malha de cálculo do modelo hidrodinâmico 3D do estuário do Tejo

Actualmente encontra-se em fase de desenvolvimento e de validação preliminar o modelo baroclínico hidrodinâmico e de qualidade da água do estuário do Tejo, o qual inclui a representação na malha de cálculo da zona de descarga do Caneiro.

No âmbito deste projecto os modelos para os dois meios irão ser ligados (através de acoplamento fraco e tendo em conta os efeitos dos níveis no estuário na simulação do Caneiro) e integrados num sistema de previsão em tempo real, forçado por previsões de caudal fluvial, precipitação, vento, marés e contaminação.

5. CAMPANHAS EXPERIMENTAIS EXPLORATÓRIAS

Tendo em vista a validação e integração dos modelos do sistema de drenagem e o do meio receptor, foi planeado um conjunto de campanhas experimentais de caracterização de parâmetros hidráulicos e de qualidade da água, a realizar sinopticamente em sete estações seleccionadas da rede de colectores e do estuário do Tejo. Estas estações de medição e de colheita de amostras compreendem três pontos no estuário (incluindo um ponto no estuário junto à saída do caneiro de Alcântara) e quatro pontos do sistema de drenagem (incluindo um ponto na zona de influência conjunta estuário/colector, onde se faz a descarga das águas residuais tratadas e das águas pluviais) (Figura 6).

Duas das estações de medição no estuário localizam-se junto à margem, nos seguintes pontos: na zona próxima da descarga (mas já com alguma diluição), sob a Ponte 25 de Abril (ponto 1 da Figura 6) e a montante da área de estudo, no Terreiro do Paço (ponto 7), para indicação da qualidade do estuário longe da zona de influência da descarga do Caneiro. A terceira estação do estuário, que também se encontra na proximidade da margem, teve uma localização inicial a montante da zona de descarga (perto do Cais do Sodré, 3A), a qual foi abandonada após a primeira campanha por estar demasiado afastada para propósitos de validação do modelo. Actualmente a estação 3 localiza-se na zona da pluma de campo próximo do Caneiro (3B). As quatro estações de medição no sistema de drenagem localizam-se: no caneiro de Alcântara, à entrada da ETAR de Alcântara (ponto 5); na secção de descarga da ETAR para o caneiro (ponto 4), na estação elevatória das Agências, a jusante do Terreiro do Paço (ponto 6); e na última câmara de visita do caneiro, imediatamente a montante da descarga para o estuário (ponto 2).

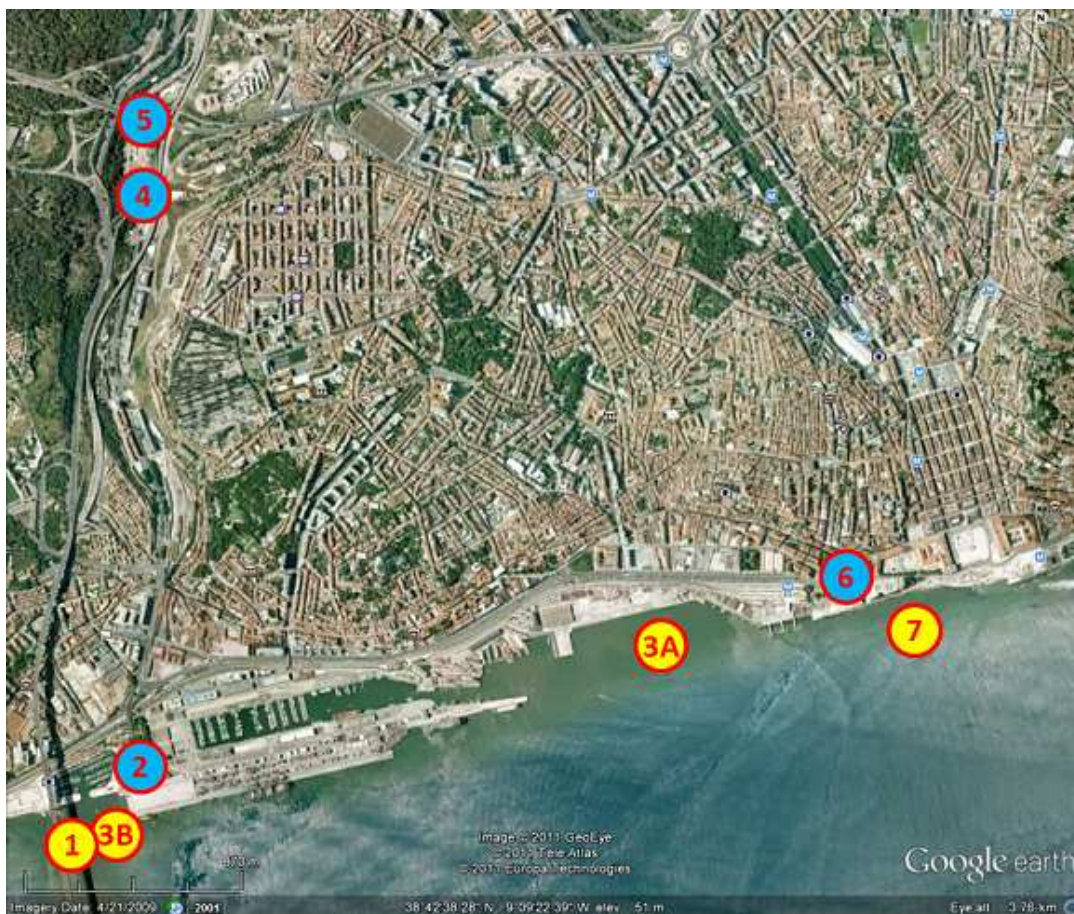


Figura 6 – Localização das estações de medição nas campanhas experimentais

De forma a permitir a caracterização de um ciclo completo de maré, cada campanha experimental foi planeada com uma duração de 13 horas, com início (após instalação dos equipamentos) às 8:30 e termo às 21:30 horas. Durante esse período, foi planeada a medição horária e sinóptica dos seguintes parâmetros de qualidade da água, utilizando sondas: temperatura, pH, condutividade, salinidade, oxigénio dissolvido e amónia. De 4 em 4 horas (com início às 9:30, embora este horário possa ser ajustado em função da maré) foi planeada a colheita de amostras para análise dos seguintes parâmetros físico-químicos e microbiológicos em laboratório: pH, turvação, condutividade, sólidos suspensos totais (SST), carência química de oxigénio (CQO), carência bioquímica de oxigénio (CBO₅), amónia, nitritos mais nitratos, fosfatos, coliformes fecais e *Escherichia coli*.

Foram já realizadas duas campanhas experimentais exploratórias durante o Verão de 2011, ambas em condições de tempo seco e por períodos de 13 horas: uma a 15 de Julho com maré viva (amplitude de 3,2 m) e outra a 6 de Setembro com maré média (amplitude de 1,7 m). Estas campanhas envolveram uma vasta equipa do LNEC, IST, SIMTEJO e Universidade de Coimbra, de forma a assegurar a qualidade das medições e as condições de segurança.

Está prevista a realização de mais duas campanhas durante o inverno, ambas agora durante dias chuvosos. Para além dos registos de precipitação de três udómetros pertencentes à rede de monitorização da Simtejo, o LNEC instalou recentemente mais dois udómetros na área de estudo.

A título de exemplo, a Figura 7 apresenta resultados da campanha de 06/09/2011 nas estações 1 (estuário) e 5 (caneiro à entrada da ETAR).

Com base nos resultados destas campanhas exploratórias, pretende-se seleccionar um ponto no estuário e outro na rede de colectores onde serão instaladas as estações de medição da qualidade da água em tempo real, de suporte ao sistema de alerta. Naqueles locais será ainda feito outro conjunto de campanhas experimentais que se explica na secção seguinte.



Figura 7 – Resultados da campanha de 06/09/2011 nas estações 1 (estuário) e 5 (caneiro)

6. SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO EM TEMPO REAL

De modo a validar e aferir em contínuo a qualidade das previsões do sistema integrado de modelação e dar confiança aos alertas produzidos, irá ser instalada uma rede de monitorização que incluirá a medição em tempo real de um conjunto de parâmetros físicos e químicos.

A monitorização rápida da qualidade da água é um assunto de investigação de ponta, para o qual ainda não existem no mercado sensores fiáveis para diversos parâmetros. Face a isto, pode-se utilizar a amónia medida por sondas e alguns parâmetros medidos por sondas espectrofotométricas UV-Vis (tais como SST, CQO, CBO, nitratos) como parâmetros de base para a modelação em tempo real e aferição da propagação da pluma de poluição no estuário.

No âmbito deste estudo piloto prevê-se instalar duas estações de medição da qualidade da água em tempo real durante um período mínimo de 3 meses, uma no estuário e outra no sistema de drenagem, não obstante se saber à partida que a complexidade do sistema tornaria desejável dispor de um número superior de estações. A localização exacta das estações será seleccionada em função dos resultados das campanhas experimentais exploratórias e de condicionalismos locais.

A validade desta metodologia será aferida através da realização de um conjunto de campanhas experimentais adicionais, em que a par da medição pelas referidas sondas se procederá à análise laboratorial de vários parâmetros da qualidade da água das amostras e se procurarão relações entre os parâmetros medidos pelos dois métodos.

O sistema de monitorização da Simtejo permite a transmissão de dados em tempo real de três udómetros e de alguns caudalímetros instalados na rede de colectores, incluindo uma secção do caneiro de Alcântara imediatamente a montante da ETAR e outra no Terreiro do Paço.

A esta rede serão adicionadas os dados on-line de outras redes em tempo real, como por exemplo os registos de precipitação em tempo real de alguns postos localizados na área de estudo disponíveis pela internet no sistema Wunderground (<http://portuguese.wunderground.com/global/stations/08536.html>). Ao longo do projecto irá ser feita a análise da qualidade e robustez desta informação complementar, tendo em vista avaliar os potenciais benefícios da sua utilização no sistema de monitorização em tempo real. Estes benefícios podem-se traduzir não só pela maior quantificação da distribuição espacial da precipitação, como também pelo aumento da robustez do sistema em caso de falha da informação de outros postos.

Serão também incluídos outros dados da rede de monitorização do Porto de Lisboa e do SNIRH.

7. PREVISÃO EM TEMPO REAL DO SISTEMA INTEGRADO DE MODELAÇÃO

A previsão em tempo real do sistema integrado de modelação caneiro-estuário do Tejo irá ser efectuada através da plataforma RDFS-PT (<http://ariel.Inec.pt>), que integra modelos numéricos e de dados de campo, um conjunto de scripts e de programas, e uma interface de visualização.

Actualmente, os modelos utilizados no RDFS-PT permitem prever a variação da elevação da superfície da água, correntes, temperatura, salinidade e da agitação marítima em vários sistemas costeiros (costa Portuguesa, estuário do Tejo e Ria de Aveiro).

No estuário do Tejo, as previsões em tempo real são aferidas diariamente de forma automática com os dados de níveis nos mareógrafos de Cascais e do VTS, cujas medições estão disponíveis on-line em tempo real (Figura 8). A comparação é bastante boa com erros da ordem dos 15 a 20 cm, maioritariamente devidos à não inclusão das sobrelevações de natureza atmosférica. A comparação com a análise harmónica dos dados é muito boa (que retém apenas a componente de maré), inferior a 5 cm.

Está actualmente em curso a integração dos modelos de simulação do Caneiro e a integração do modelo de contaminação de Rodrigues *et al.* (2011).

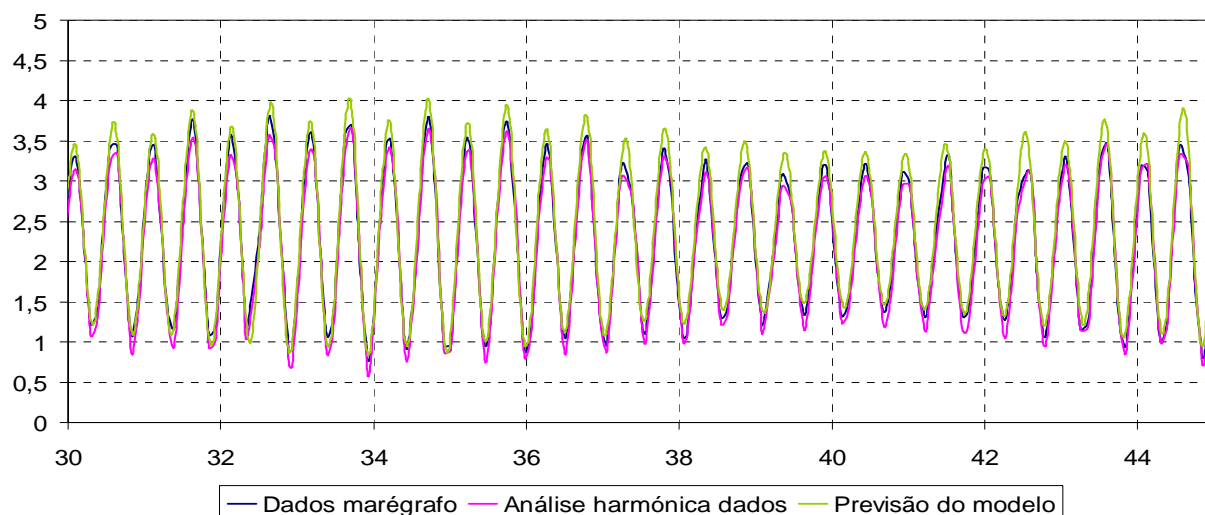
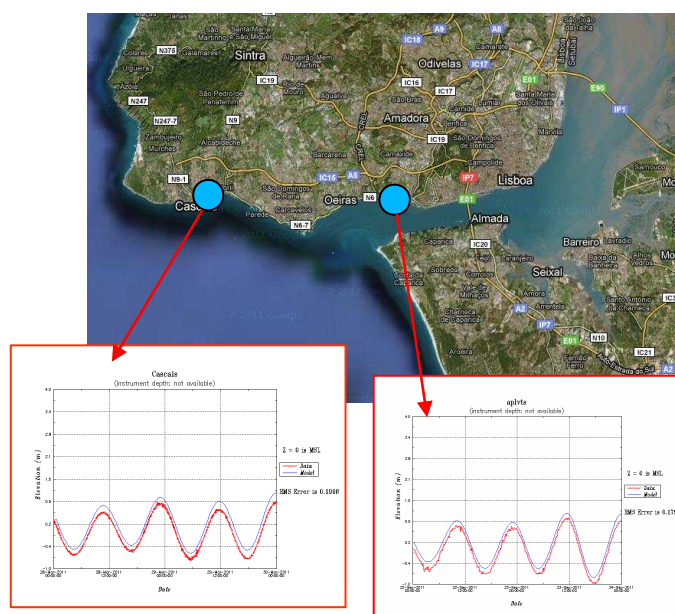


Figura 8 – a) Localização das estações mareográficas de comparação automática com as previsões; b) Exemplo de comparação com a previsão durante um ciclo maré viva-maré morta

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta comunicação apresentam-se a metodologia e os desenvolvimentos preliminares, até ao presente, de um protótipo de sistema de alerta para suporte à gestão de águas estuarinas, enquadrado no projecto europeu PREPARED – *Enabling Change* e no projecto co-financiado pela FCT SIMAI – *Sistemas de Monitorização e Aviso em infra-estruturas de drenagem urbana*.

Este sistema engloba a utilização integrada de modelos desde a bacia de drenagem até ao meio receptor, enquadrada numa plataforma de previsão em tempo real que permite fazer previsões a 48 horas da dinâmica do sistema, devidamente validados de forma automática com dados disponíveis em tempo real.

Para além da complexidade de resolver diferentes escalas espaciais e temporais de processos, esta matéria acarreta preocupações adicionais. À semelhança dos modelos de cheias rápidas, o estudo destes sistemas de modelação em cascata implica a análise da transferência de erros entre componentes (do modelo atmosférico para o hidrológico, deste para o da rede de drenagem e finalmente para o modelo do meio receptor). A propagação da incerteza e o seu impacto na previsão final (meio receptor) constitui uma preocupação adicional.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi co-financiado pelo 7º PQ, através do Projecto PREPARED (FP7-ENV-2009-1 Grant Agreement nº 244232), e pela FCT, através do Projecto SIMAI (PTDC/AAC-AMB/102634/2008).

Os autores agradecem ao Prof. António Melo Baptista e Prof. Joseph Zhang, do CMOP, pelo modelo SELFE, ao Instituto Geográfico Português e à Administração do Porto de Lisboa pela disponibilização dos dados on-line dos marégrafos, e ao INAG pela disponibilização dos dados de níveis on-line do sistema SNIRH. Os autores agradecem ao Eng.º António Frazão toda a disponibilidade da Simtejo para o envolvimento neste trabalho. Agradecem ainda a todos os que colaboraram na realização das campanhas experimentais: Ana Galvão, Ana Poças, André Martins, Gaspar Queiroz, Joana Alves, João Vale, Luís Simões Pedro, Maria Santos Silva, Martha Guerreiro, Nuno Pimentel, Paulo Coelho, Ricardo Costa, Rita Brito, Rita Amaral, Rita Romero, Vítor Napier.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cardoso, M.A., Pinheiro, I., David, L.M., Matos, M.R., Almeida, M.C. (1997). Project SPRINT SP98 - extension: Application of hydraulic Analysis to Sewerage Rehabilitation in Member States. Report on Model Building, Verification and Alternative Solutions. Relatório 88/97 - NHS, LNEC, Lisboa, 187 p.

- David, L.M., Almeida, M.C., Cardoso, M.A., David, M.C. (2007a). Modelação Matemática da Bacia do Caneiro de Alcântara. Relatório Técnico 1 – Parte 2. SIMTejo S.A. – Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e do Trancão S.A.. Relatório 67/2007 - NES, LNEC, Lisboa, Janeiro de 2007.
- David, M.C., Cardoso, M.A., Almeida, M.C., David, L.M. (2007b). Modelação Matemática da Bacia do Caneiro de Alcântara. Relatório Técnico 2. SIMTejo S.A. – Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e do Trancão S.A.. Relatório 40/2007 - NES, LNEC, Lisboa, Janeiro de 2007.
- David, L. M.; Matos, R. S.; Matos, J. S.; Ferreira, R; Frazão, A.; Póvoa, P. (2011). Evaluation of the combined effect of increasing storage and treatment capacity in the Alcântara catchment. 12th International Conference on Urban Drainage, 8 p., em CD.
- Ferreira, F., Viegas, T., David, L.M., Matos, J.S. (2004). Sistemas Interceptores de Lisboa – Frentes de Drenagem Algés-Alcântara, Cais do Sodré-Alcântara e Terreiro do Paço-Alcântara. Estudos de Reabilitação Hidráulica e Ambiental de Interceptores de Lisboa – Projecto Rehalis. 3º Relatório de Progresso – Simulação do Comportamento Hidráulico e Ambiental dos Interceptores. Trabalho realizado pelo Instituto Superior Técnico para a SIMTEJO, Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão.
- Rodrigues, M., Oliveira, A., Guerreiro, M., Fortunato, A.B., Menaia, J., David, L.M., Cravo, A. (2011). Modeling fecal contamination in the Aljezur coastal stream (Portugal), *Ocean Dynamics*, 61(6), 841-856.
- Vargas, C.I.C.; Oliveira F.S.B.F.; Oliveira A.; Charneca, N. (2008). Análise da vulnerabilidade de uma praia estuarina à inundação, *Revista Gestão Costeira Integrada*, 8/1: 25-43.
- Zhang, Y.L., Baptista; A.M. (2008). SELFE: A semi-implicit Eulerian-Lagrangian finite-element model for cross-scale ocean circulation, *Ocean Modeling*, 21/3-4, 71-96.