

AWARE-P, UM SOFTWARE INTEGRADOR E COLABORATIVO PARA GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS

Diogo VITORINO¹; Sérgio T. COELHO²; Helena ALEGRE³; Maria SANTOS SILVA⁴

PALAVRAS-CHAVE: gestão patrimonial de infraestruturas (GPI), *software*, planeamento

RESUMO

O *software* AWARE-P proporciona uma abordagem organizada para avaliação e comparação de alternativas de planeamento ou diferentes soluções de gestão patrimonial de infraestruturas, através de métricas de desempenho, risco e custo. Compreende um conjunto alargado de métricas e ferramentas de análise de rede, que também podem ser usadas individualmente para análises de diagnóstico e sensibilidade. Oferece um ambiente colaborativo e não intrusivo, baseado na web, integrador para uma grande variedade de dados e processos que podem ser relevantes para os demais processos de apoio à decisão, como cadastro, ordens de serviço, manutenção, registos de inspeções (CCTV), modelos de rede, indicadores de desempenho, registos de avaliação de componentes, entre outros.

A versão beta foi tornada pública no início de 2012, tendo registado mais de 1000 utilizadores a nível mundial. Versões subsequentes, e um elevado número de versões personalizadas e de casos de estudo (EUA, Noruega, Espanha e Portugal, entre outros) confirmam o potencial da abordagem e do *software* desenvolvido. O *software* baseia-se numa plataforma modular, colaborativa e baseada na web (baseform.org), que pode ser utilizada em qualquer ambiente que suporte a linguagem Java — e.g., Windows, Mac OS ou Linux. Materializa-se num conjunto integrado e expansível de ferramentas *plug-in*, que tira partido da plataforma de gestão do utilizador, dos serviços de integração de dados e duma nova geração de funcionalidades de visualização 2D/3D com integração Google Earth®, entre outras características. Este artigo descreve o *software* e as suas principais características, ilustrando os principais casos de uso.

¹ Diretor. Addition. R.Borges Carneiro; 34 R/c; 1200-619 Lisboa; diogo.vitorino@addition.pt.

² Investigador Principal, LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa; stcoelho@lnec.pt

³ Investigadora Principal com Habilitação. LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa; halegre@lnec.pt

⁴ Bolseira de projeto, LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa; mssilva@lnec.pt.

INTRODUÇÃO

Grande parte das infraestruturas urbanas de água, já construídas, acumulou em largo número, diferentes níveis de manutenção e reabilitação, ao longo das últimas décadas. O valor combinado da substituição destas infraestruturas é considerável, exigindo um planeamento eficiente e a capacidade de otimizar os gastos e maximizar o seu impacto no longo prazo (Alegre e Coelho, 2012).

Do ponto de vista da gestão patrimonial de infraestruturas (GPI), as noções de projeto dos sistemas, e da sua manutenção preventiva e reabilitação, são analisadas no longo prazo, numa perspetiva de uma permanente necessidade de conceção evolutiva da rede existente, à medida que as solicitações, os requisitos e o contexto evoluem.

Nas infraestruturas em rede mais maduras, todas estas fases coexistem - o projeto de novas redes ou expansões, a manutenção e reabilitação das redes antigas, fazendo parte do mesmo processo global e pretendendo atingir os mesmos objetivos. Essencialmente, o investimento num sistema durante um determinado período de tempo deve sempre ambicionar a um equilíbrio sustentável entre as dimensões de desempenho, risco e custo.

Os sistemas urbanos de água são infraestruturas complexas, resultantes de um processo evolutivo bastante arbitrário ao longo dos anos, respondendo sobretudo ao desenvolvimento urbano, às necessidades socio-demográficas, e aos constrangimentos geográficos. Por essa razão, são quase sempre perfectíveis. O planeamento de GPI deve permitir aproveitar quaisquer oportunidades (através de capital de investimento ou manutenção diária) para a configuração dos sistemas evoluir para um melhor *design* - aquele que melhor servir os objetivos estratégicos traçados para o longo prazo.

Esta perspetiva mais ampla não se opõe a uma gestão adequada de cada componente individual — assegurando que este não representa um risco indesejado ou responsabilidade económica, e que o seu desempenho seja sempre o melhor possível, como parte de um sistema. No entanto, deve ser dada particular importância ao desempenho global do sistema, e às vertentes de risco e custo (e nas métricas que neles se refletem), dado que as redes urbanas de água não são um conjunto de componentes individuais, mas sim um sistema onde os sintomas dos problemas vulgarmente são sentidos num local distinto do das suas causas.

SOFTWARE DE SUPORTE PARA O PLANEAMENTO DE GPI E APOIO À DECISÃO

A GPI necessita de informação o mais fiável possível para assistir na manutenção e decisões de investimento de capital que podem afetar, no curto e longo prazos, a sustentabilidade infraestrutural, nas dimensões económica e financeira, ambiental e qualidade do serviço prestado.

Como tal, a GPI deve ser sustentada pelos sistemas de informação (SI) usados pelas entidades gestoras (EG) tais como: os sistemas de informação geográfica (SIG), os sistemas de manutenção e gestão de ordens de serviço, os sistemas de gestão de clientes, os sistemas de gestão das redes (que incluem modelos de simulação), entre outros. Estes processos envolvem uma larga variedade de recursos humanos especializados, desde gestores de infraestruturas a gestores de manutenção, engenheiros de planeamento, gestores de SI e gestores financeiros. Toda esta panóplia de funções e recursos humanos

especializados resulta numa dispersão de dados, processos, objetivos e decisões. Um dos maiores benefícios num planeamento eficiente de GPI consiste precisamente na integração de dados, processos, objetivos e decisões alinhadas nos níveis de planeamento estratégico, tático e operacional.

O SOFTWARE AWARE-P PARA PLANEAMENTO DE GPI

O *software* de planeamento de GPI AWARE-P foi desenhado num ambiente colaborativo, não intrusivo, baseado na web, para integrar dados, processos, objetivos, métricas e decisões, com a capacidade de avaliar comportamentos individuais e o comportamento do sistema. Oferece a possibilidade de recolher dados e informação disponíveis de uma larga variedade de fontes e processos que são relevantes para os processos de decisão de GPI, incluindo mapas, *layers* SIG (*shapefiles*) e bases de dados geográficas, registos de inventário, ordens de serviço, manutenção, inspeções (registos CCTV), modelos de rede, indicadores de desempenho, registos de avaliação patrimonial, entre outros (Figura 1).

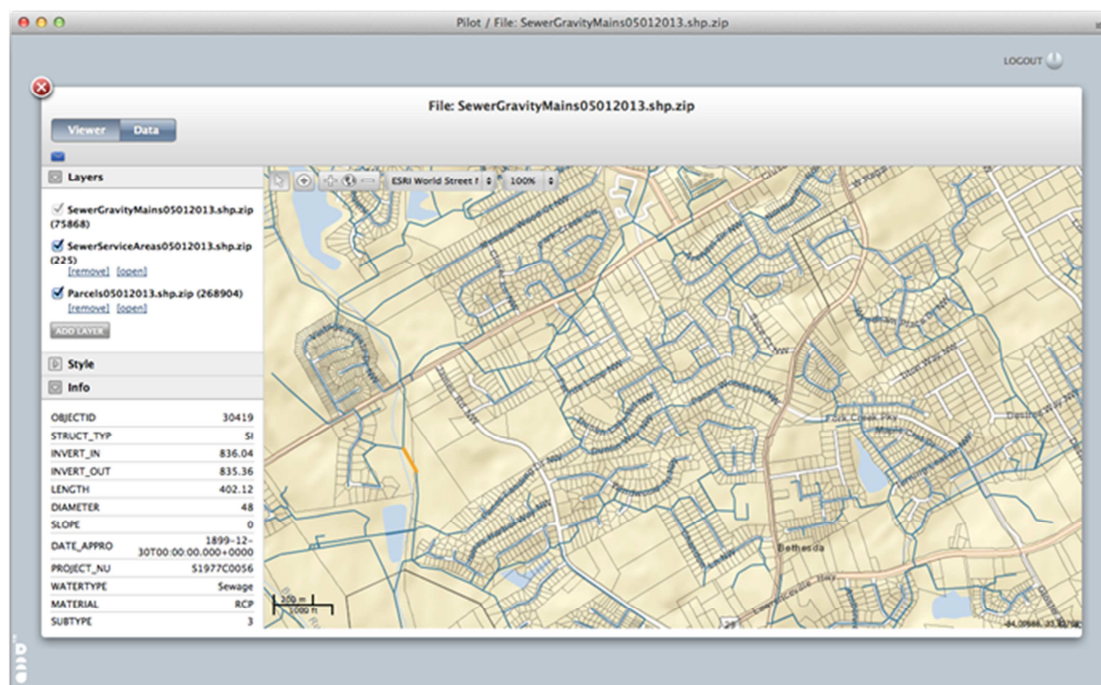


Figura 1 - Visualizador SIG AWARE-P

Por outro lado, o *software* oferece uma estrutura organizada orientada por objetivos e métricas para avaliação e comparação de alternativas de intervenção ou outras soluções de GPI, através de métricas de desempenho, risco e custo. Compreende também um conjunto de métricas e ferramentas de análise de rede que podem também ser usadas individualmente para análises de diagnóstico e sensibilidade. A abordagem utilizada corresponde a uma visão de GPI que procura alinhar e integrar todos os esforços que se refletem nas infraestruturas e nos seus dados e informação disponíveis, procurando assegurar uma sustentabilidade infraestrutural no longo prazo - nas dimensões de desempenho, económica e financeira e de qualidade do serviço prestado.

Enquadramento

O projeto AWARE-P (www.aware-p.org) teve como objetivo capacitar as EG de serviços urbanos de água com conhecimento e ferramentas necessárias para uma gestão eficiente

dos serviços, com base na GPI. Teve com base projetos de I&D desenvolvidos anteriormente, e.g. CARE-W e CARE-S (Sægrov, 2005 and 2006), assim como a melhor prática profissional estabelecida (e.g., Sneesby, 2010; ISO, 2012a,b,c). A abordagem de GPI desenvolvida consiste num processo de gestão, baseado no princípio Plan-Do-Check-Act (PDCA), que deve ser desenvolvido numa EG nos níveis de planeamento estratégico, tático e operacional, privilegiando um alinhamento entre objetivos, métricas e metas, assim como uma constante revisão e atualização dos planos desenvolvidos nos vários níveis de planeamento (Alegre *et al.*, 2013, 2011).

O sistema de *software* AWARE-P materializa vários anos de utilização por EG no âmbito de projetos de I&D, numa estrutura desenvolvida para alojar um leque de ferramentas consideradas como fulcrais para análises e apoio à decisão nos demais processos de GPI (Figura 2). A versão beta foi tornada pública no início de 2012, tendo à data registado mais de 1000 utilizadores a nível mundial. Versões subsequentes, e um elevado número de versões personalizadas e casos de estudo (EUA, Noruega, Espanha e Portugal, entre outros) confirmam o potencial da abordagem e do *software* desenvolvido.



Figura 2 - Visualização 3D de uma rede no *software* AWARE-P

Desde então, o *software* tem-se expandido e incorporado uma crescente variedade de módulos, ferramentas e de novas capacidades. A Baseform (Baseform, 2013) e o desenvolvimento da plataforma que integra o *software* encontram-se presentes em novos projetos de I&D (TRUST, 2013; WERF, 2013) e no desenvolvimento de soluções customizadas para EG.

A participação na iniciativa para a gestão patrimonial de infraestruturas (iGPI) (Leitão *et al.*, 2013; iGPI, 2013), em que foi intensivamente usado por cerca de 30 EG ao longo de um ano e meio para apoiar a produção de planos de GPI, permitiu ao *software* atingir um nível de maturidade apreciável. O contínuo desenvolvimento do *software* é hoje apoiado, não só por organizações de investigação, mas também pelo mercado através do fornecimento de serviços profissionais.

Visão global do software

O software AWARE-P cria um ambiente único para o utilizador, com uma grande variedade de dados de apoio à decisão para GPI, e oferece a possibilidade de aproveitá-los em dois modos de utilização:

- através da gama alargada de modelos de avaliação e ferramentas de análise disponíveis, usadas individualmente ou combinadas para análises de diagnóstico e sensibilidade; ou
- de acordo com a metodologia AWARE-P, orientado para a definição de plano de GPI (horizontes temporais, métricas, alternativas), alimentando a ferramenta PLAN com métricas provenientes das ferramentas existentes ou obtidas externamente.

Este software foi construído em torno do ambiente da ferramenta PLAN (Figura 3), criando um ambiente de apoio à decisão, e da ferramenta NETWORK para um ambiente integrado de análise de redes (Figura 2).

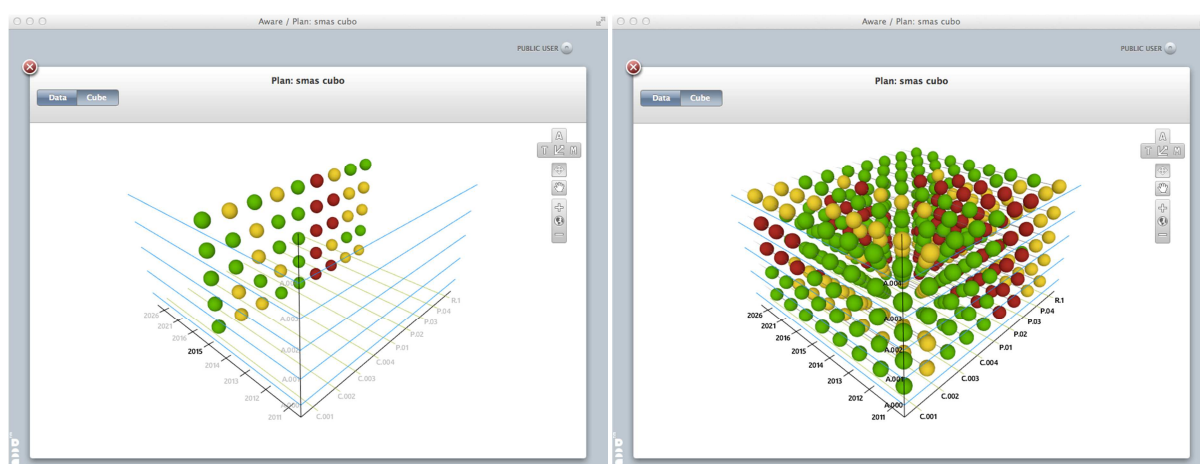


Figura 3 - Ambiente de apoio à decisão PLAN: (esquerda) apenas um único período de tempo; (direita) análise 3D com métricas, tempo e alternativas nos eixos X,Y,Z

Ambiente de apoio à decisão PLAN

O ambiente PLAN (Figura 3) encarna a estrutura de planeamento central, onde as diferentes alternativas de intervenção e soluções concorrentes são medidas e comparadas por métricas de desempenho, custo e risco, através de uma visualização 2D e 3D sobre uma representação de um modelo de rede ou de uma base de dados georreferenciados / mapa SIG (Figura 1). Esta ferramenta baseia-se nos três eixos principais que caracterizam o exercício de avaliação e comparação: um conjunto de alternativas, um conjunto de métricas e um determinado período de tempo. Este último compreende uma série de períodos de tempo especificados que podem incluir tanto um horizonte de planeamento (i.e. o prazo da intervenção), como um horizonte de análise (i.e. um período mais longo para a avaliação do impacto).

As métricas selecionadas pelo utilizador, podem ter origem nas ferramentas de desempenho, risco e custo que fazem parte do portefólio AWARE-P, ou de avaliações externas feitas pelo utilizador. São conseqüentemente estandardizadas em índices numéricos e categorizadas por níveis de cor (verde, amarelo, vermelho) com base nos valores de referência definidos pelo utilizador.

Ambiente integrado NETWORK

NETWORK (Figura 2) é um ambiente integrado, incluído no *software*, que opera ao nível das redes. Neste ambiente, é possível uma descrição física da rede com visualização 2D e 3D, baseada quer num modelo de rede, quer numa base de dados georreferenciada / mapa SIG (Figura 1). Permite a visualização de resultados de análises baseadas em componentes, tais como: análise de falhas, importância do componente, índices de desempenho ou simulações hidráulicas. Estes resultados são simultaneamente expressos na ferramenta de visualização em 2D e 3D, com possibilidade de integração com o Google Earth©.

Gama de ferramentas de análise

O *software* tem disponível um conjunto de algoritmos de avaliação configuráveis ou modelos relacionados com desempenho, risco e custo, definidos com o propósito de avaliar configurações de alternativas ou soluções de planeamento, de acordo com a metodologia AWARE-P. Com base nos objetivos do plano e nos critérios de avaliação, o utilizador define um conjunto de métricas, disponíveis no portefólio do *software*, e consequentemente avalia cada alternativa de intervenção nos horizontes de plano e de análise considerados, alimentando um cubo de resultados.

As ferramentas do *software* podem ser utilizadas individualmente, e.g. o cálculo de indicadores de desempenho - PI tool -, a análise de falhas - Poisson e LEYP -, ou uma investigação sobre a importância de componentes (como medida da consequência de uma falha). De seguida apresentam-se as ferramentas e modelos de análise disponíveis no *software* AWARE-P.

PI - uma ferramenta para a seleção e cálculo de indicadores de desempenho, que permite uma avaliação quantitativa da eficácia e eficiência dos sistemas, baseada em bibliotecas de desempenho de referência. É possível a edição e adição, pelo utilizador, de novas métricas. A base de dados inclui as bibliotecas de indicadores de desempenho da IWA, da ERSAR e AWARE-P.

PX* - Índices de desempenho, métricas de desempenho técnicas que se baseiam nos valores de determinadas características ou variáveis de estado das redes de abastecimento de água e drenagem de águas residuais. Os índices permitem medir níveis de desempenho relacionados com o serviço e a eficiência e eficácia das redes.

FAIL - Através de modelos estatísticos como o *Poisson* e o *LEYP* (Figura 4), a ferramenta de análise de falhas prevê falhas futuras em condutas/coletores numa determinada rede, e.g. no contexto de estimar métricas de risco e custo. A análise de falhas requer dados de falhas, que contenham o histórico de eventos de falhas (e.g. provenientes de ordens de serviço) e o correspondente inventário de condutas/coletores.

CIMP* - Ferramenta de avaliação da importância do componente. Permite avaliar a importância de cada componente individualmente numa rede, através da comparação do consumo total da rede, i.e. que a rede consegue satisfazer quando uma conduta se encontra em baixo, com a demanda total que a rede intacta consegue fornecer. Esta análise requer um modelo hidráulico da rede.

UNMET* - Esta ferramenta calcula a métrica de risco de interrupção do serviço, expressa como o volume esperado que o sistema não consegue satisfazer no período de um ano, devido a uma falha num componente da rede (conduta/coletor). Um valor total

previsto para a rede é igualmente calculado. Este cálculo baseia-se na taxa de falhas prevista para cada componente, a importância de cada componente e no tempo de inatividade médio de cada componente. A ferramenta combina os resultados da ferramenta FAIL e CIMP.

IVI - Índice de Valor da Infraestrutura (IVI), representa o grau de envelhecimento de uma infraestrutura. É calculado através do rácio entre o atual valor da infraestrutura e do valor de substituição.

FIN - Ferramenta de planeamento de projeto financeiro que permite projetar investimentos, custos e receitas ao longo de um período de tempo definido pelo utilizador, e calcula o VAL e a TIR de um projeto.

EPANETJAVA* - ferramenta de simulação hidráulica EPANET, escrita em JAVA, com a biblioteca MSX integrada, que permite simulações hidráulicas de sistemas de abastecimento de água (Figura 2). Encontra-se disponível no ambiente NETWORK e tira partido da visualização da rede e resultados em 2D e 3D.

O asterisco (*) denota ferramentas desenvolvidas para redes de abastecimento de água no portefólio inicial do AWARE-P. As restantes ferramentas podem ser aplicadas a drenagem de águas residuais e pluviais. Desenvolvimentos correntes visam aumentar a oferta para drenagem de águas residuais e pluviais, conforme é explicado adiante.

Uma importante característica do *software* e da abordagem AWARE-P consiste na avaliação dos sistemas como um todo, ao invés de um conjunto de componentes independentes. Por esta razão, a gama de métodos e modelos disponível pretende representar o comportamento dos sistemas, sempre que possível com recurso a simuladores de rede. Isto permite que seja possível criar métricas para avaliação de componentes e avaliação de sistemas.

Módulos em desenvolvimento

A abordagem AWARE-P é tanto aplicável para sistemas de abastecimento de água como sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais. Embora o *software* tenha sido pensado para oferecer de igual modo ferramentas para abastecimento de água e águas residuais e pluviais, a versão beta inclui mais ferramentas para análise de sistemas de abastecimento de água. Contudo, através de importantes contribuições do 7º Programa Quadro da União Europeia (TRUST, 2013) e da WERF (2013), espera-se restabelecer um equilíbrio nas próximas versões.

O principal objetivo consiste em criar ferramentas de avaliação e análise para sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais, a par das ferramentas que já existem para sistemas de abastecimento de água. Dos métodos a serem desenvolvidos, os mais necessários relacionam-se com a capacidade de produzir métricas de risco, através da combinação de estimativas de falhas com a evolução da importância do componente. Neste sentido, estão a ser desenvolvidos dois módulos de FAIL e CIMP, para sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais. Está ainda em fase de finalização e será publicado a breve trecho um módulo para análise e previsão da condição de coletores a partir de resultados de inspeções.

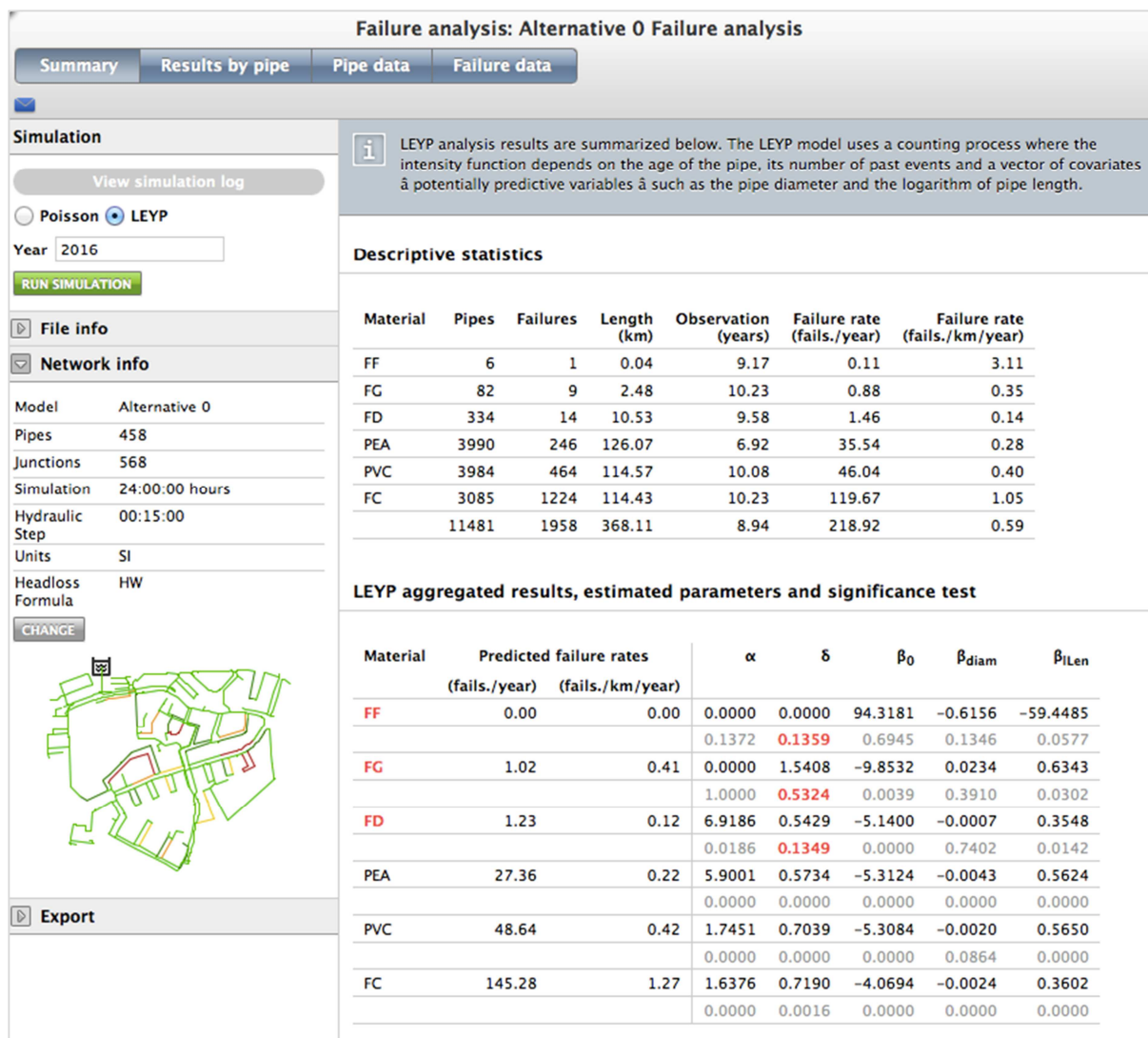


Figura 4 - Ferramenta LEYP para estimar probabilidades e taxas de falha

Tecnologia

Do ponto de vista tecnológico, o *software* funciona como uma aplicação baseada na web, que pode correr em servidores privados ou públicos, assim como em máquinas individuais ou versões *stand-alone*. Materializa um portefólio de ferramentas na plataforma Baseform™ (baseform.org) tirando partido da plataforma de gestão do utilizador, serviços de integração de dados, gestão de informação de SIG e uma nova geração de funcionalidades de visualização 2D/3D com integração do Google Earth© entre outras características. Trata-se de um *software open-source* e pode ser utilizado em qualquer ambiente que suporte Java, e.g., Windows, Mac OS ou Linux.

APLICAÇÃO DO SOFTWARE EM AMBIENTE DE EG

O *software* foi desenvolvido de forma a ser flexível e permitir diversos fluxos de trabalho, estruturados e não estruturados. As ferramentas podem ser usadas individualmente ou combinadas. Para apoiar o processo de GPI, os usos mais frequentes consistem em variações de dois modos: suporte ao planeamento estratégico, e suporte ao planeamento

tático. Cardoso *et al.* (2014) e Leitão *et al.* (2013) descrevem uma larga gama de aplicações no planeamento estratégico e tático.

Suporte no nível de planeamento estratégico

O planeamento estratégico é desenvolvido para toda a organização, e consiste no estabelecimento das estratégias da EG para um horizonte de tipicamente 10-20 anos (Alegre *et al.*, 2013). A primeira fase consiste na definição, pela gestão de topo da EG, de objetivos, critérios, métricas e metas. Para elaborar objetivos e metas realistas é necessário ter uma visão global de toda a organização e seus contextos. No caso de uma EG estar a preparar um plano estratégico pela primeira vez, a definição de objetivos requer uma análise cuidada de toda a informação de contexto, mesmo que esta não seja fiável ou que não esteja devidamente estruturada.

A segunda fase consiste num diagnóstico e na análise dos contextos interno e externo, com base nos objetivos e metas definidos previamente. A avaliação deve ser continuamente efetuada ao longo do horizonte do plano. A terceira fase consiste na formulação, comparação e seleção de estratégias que permita cumprir com as metas previamente estabelecidas. Estas estratégias compõem o núcleo do plano estratégico. Um típico fluxo de procedimentos para o planeamento estratégico encontra-se esquematizado na Figura 5.

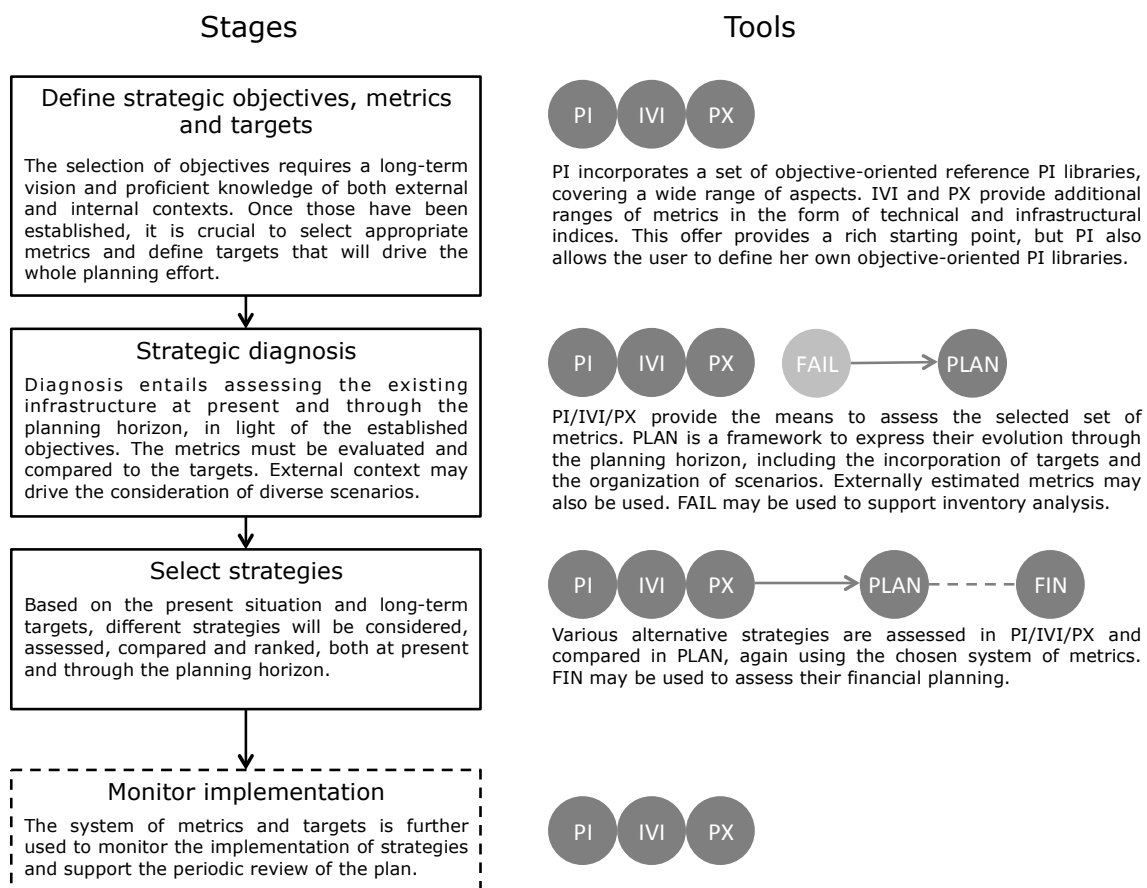


Figura 5 - Fluxo de procedimentos para o planeamento estratégico

Suporte no nível de planeamento tático

O planeamento tático e os processos de decisão são derivados dos objetivos e metas definidos no plano estratégico. O principal objetivo do planeamento tático consiste na definição de alternativas de intervenção a ser implementadas num horizonte de médio prazo (tipicamente entre 3 a 5 anos). O planeamento tático de GPI não se restringe apenas a soluções infraestruturais, devendo também ser consideradas soluções de operação e manutenção, para além de soluções não-infraestruturais. A gestão das infraestruturas tem interligações com a gestão de outros ativos, como os recursos humanos, os dados e informação, os ativos financeiros e os ativos intangíveis. Um plano de GPI deve sempre abordar as soluções não-infraestruturais que são críticas para o cumprimento das metas infraestruturais, e.g., investir num sistema de ordens de serviço eficiente e sustentável.

A metodologia do planeamento tático encontra-se esquematizada na Figura 6. Os principais passos de um planeamento tático são similares àqueles descritos para o planeamento estratégico, mas agora declinados a um maior detalhe espacial e temporal. Os objetivos, métricas e metas devem ser coerentes e estar alinhados com os definidos no plano estratégico. As métricas devem tipicamente cobrir as dimensões de desempenho, risco e custo, analisando em detalhe os sistemas em análise.

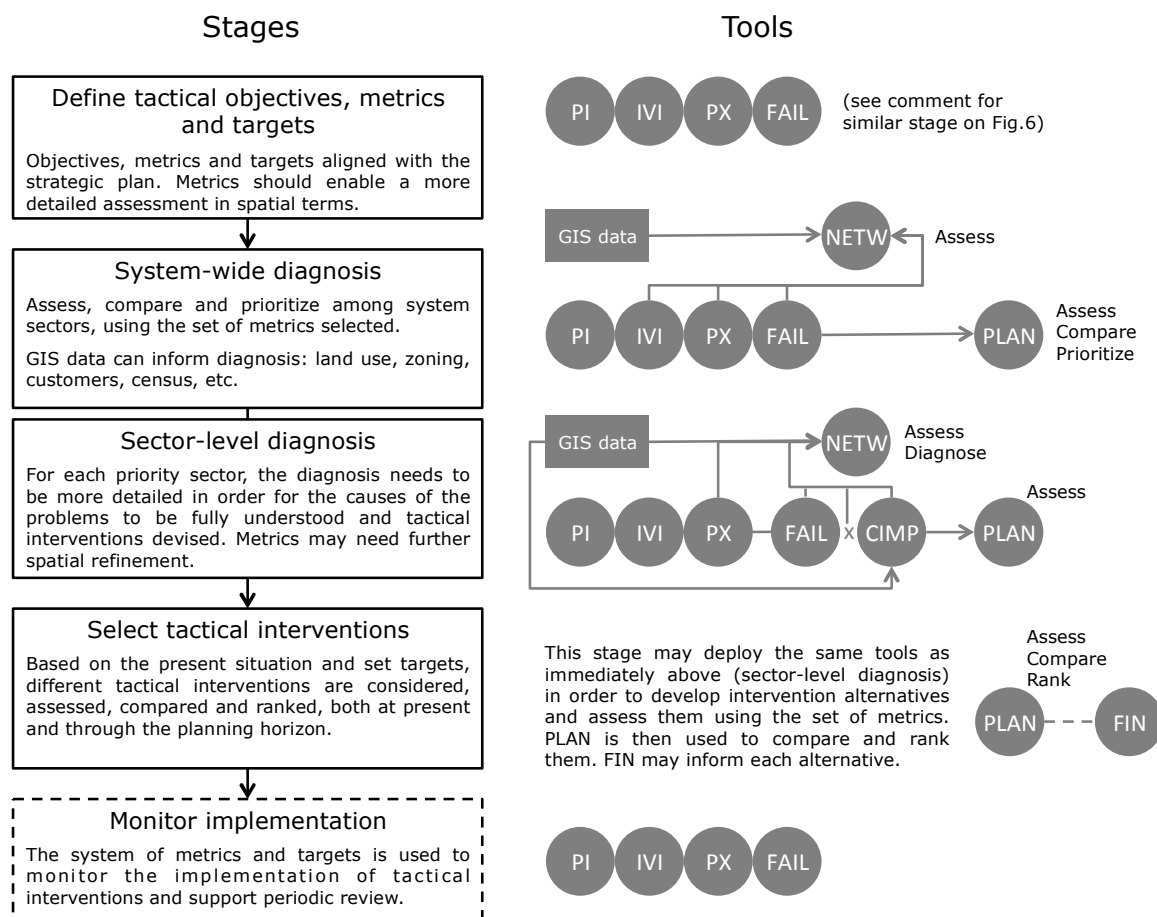


Figura 6 - Fluxo de procedimentos para o planeamento tático

A fase de diagnóstico deve ser feita com base nas métricas definidas, para a situação presente e para a situação futura. Por vezes, existe a necessidade de priorizar os sistemas com necessidades de intervenção, com recurso às métricas definidas. Consequentemente, e com base nessa análise, são analisadas em detalhe as áreas consideradas de intervenção prioritária. Para as áreas de análise não prioritárias, é importante confirmar se têm ou não quaisquer problemas localizados. Caso esta situação se verifique, estas áreas devem igualmente ser analisadas em detalhe. Nas áreas consideradas de análise prioritária é conveniente elaborar um diagnóstico pormenorizado de cada, para que os problemas sejam facilmente perceptíveis.

A produção do plano abrange os processos de engenharia inerentes à identificação e ao desenvolvimento de alternativas de intervenção fiáveis para cada uma das áreas de análise prioritárias, e a avaliação destas mesmas alternativas no horizonte de análise para as métricas selecionadas. Para cada área de análise, devem ser comparadas alternativas de intervenção. Aquela que representar um melhor desempenho, com base nas métricas, face os objetivos previamente definidos, no longo prazo, deve ser selecionada.

Tanto o diagnóstico detalhado como a definição de alternativas de intervenção beneficiam do uso de ferramentas de análise sofisticada e de modelação, com base nos dados disponíveis.

CONCLUSÕES

O planeamento de GPI é uma atividade que exige uma variedade de informação proveniente de diversas fontes e sistemas, para retirar o máximo benefício das infraestruturas no longo prazo. Tira partido do alinhamento entre os vários níveis de decisão - estratégico, tático e operacional. Contudo, é um grande desafio planejar a GPI perante a fragmentação e falta de integração de dados, processos, objetivos e decisões na organização.

O *software* AWARE-P para planeamento de GPI materializa anos de I&D com EG, numa estrutura desenvolvida para alojar um conjunto de ferramentas identificadas como centrais para análises e apoio à decisão nos processos de GPI. O *software* tem-se expandido para incorporar mais módulos e ferramentas, dado que a plataforma tem sido usada para novos desenvolvimentos em sucessivos projetos de I&D e financiamento por EG.

O *software* foi desenhado num ambiente colaborativo, não intrusivo, baseado na web, para integrar dados, processos, objetivos, métricas e decisões, com a capacidade de avaliar comportamentos individuais e o comportamento do sistema. Oferece a possibilidade de recolher os dados e a informação que possam estar disponíveis de uma larga variedade de fontes e processos que são relevantes para a tomada de decisão de GPI, incluindo mapas, *layers* SIG (*shapefiles*) e bases de dados geográficas, registos de inventários, ordens de serviço, manutenção, inspeções (registos CCTV), modelos de rede, indicadores de desempenho, registos de avaliação patrimonial entre outros (Figura 1).

Em conclusão, este *software* proporciona um ambiente apropriado para o apoio a uma abordagem organizada para avaliação e comparação de alternativas de planeamento ou diferentes soluções GPI, através de métricas de desempenho, risco e custo. Privilegia aspectos como a transparência e a defensabilidade das soluções escolhidas, bem como a capacidade para comunicar eficazmente entre técnicos e com os decisores.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem as sugestões e contribuições feitas por todas as EG e utilizadores do *software*, desde o lançamento da versão beta em fevereiro de 2012. O trabalho descrito beneficiou de projetos de I&D co-financiados pelo Mecanismo Financeiro do Espaço Económico Europeu (projeto AWARE-P), pelo 7.º Programa-Quadro da União Europeia (Projeto TRUST), e pela *Water Environment Research Foundation* (INFR 2012).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, H., Coelho, S.T. (2012). *Infrastructure Asset Management of Urban Water Systems*. Chapter 3 of "Water Supply System Analysis", ed. Avi Ostfeld (ISBN 978-953-51-0889-4). www.intechopen.com/books/water-supply-system-analysis-selected-topics
- Alegre, H., Coelho, S.T., Covas D., Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2013). *A utility-tailored methodology for integrated asset management of urban water infrastructure*. Water Science & Technology: Water Supply, (em publicação) ©IWA Publishing 2013.
- Baseform (2013). www.baseform.org, consultado em dezembro de 2013.
- Cardoso, M.A., Coelho, S.T., Alegre, H., Almeida, M.C., Covas, D., Vitorino, D., Feliciano, J., Almeida, R. (2014). *Gestão patrimonial de infraestruturas: da investigação a uma prática estruturante dos serviços urbanos de água*. 12.º Congresso da Água / 16.º ENASB / XVI SILUBESA, APRH, APESB, ABES, 5 a 8 de março de 2014, Lisboa
- Coelho, S.T., Vitorino, D., Alegre, H. (2012). *A system-centric approach to infrastructure asset management planning*. ASCE WDSA 2012, Albuquerque, NM.
- iGPI (2013). www.iniciativagpi.org, acedido em dezembro 2013.
- ISO (2012a). ISO/CD 55000.2 *Asset management — Overview, principles and terminology*.
- ISO (2012b). ISO/CD 55001.2 *Asset management — Management systems — Requirements*.
- ISO (2012c). ISO/CD 55002.2 *Asset management Guidelines for the application of ISO 55001*.
- Leitão, J. P., Coelho, S.T., Alegre, H., Cardoso, M.A., Silva, M.S., Ramalho, P., Ribeiro, R., Covas, D., Vitorino, D., Almeida, M.C., Carriço, N. (2013). *The iGPI collaborative project: moving IAM from science to industry*. LESAM 2013, IWA / AWA, 9-12 setembro, Sydney, Australia.
- TRUST (2013). WA5 / WP53 Integrated planning guidance for UWCS at utility level. www.trust-i.net/project/wp.php?wa=5&wp=3, acedido em dezembro 2013.
- WERF (2013). *Sustainable asset management introduces new tool*. In WERF Progress. Winter 2013, Volume 25, Issue 1. Water Environment Research Foundation. www.werf.org/c/Progress/2013/progress_winter13.aspx
- Sægrov, S. ed. (2005). *CARE-W - Computer Aided Rehabilitation for Water Networks*. EU project: EVK1-CT-2000-00053, IWA Publishing, ISBN: 1843390914, (208 p.).
- Sægrov, S. ed. (2006). *CARE-S - Computer Aided Rehabilitation for Sewer and Stormwater Networks*. IWA Publishing, ISBN: 1843391155, (140 p.).
- Sneesby, A. (2010). Sustainable infrastructure management program learning environment (SIMPLE). Sustainable Infrastructure and Asset Management Conference. Australian Water Association. 23-24 novembro 2010, Sydney, Australia.