

AValiação MULTICRITÉRIO DE ALTERNATIVAS DE REABILITAÇÃO EM SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO

José SOUSA¹; Maria Adriana CARDOSO²

RESUMO

Os sistemas de drenagem urbana prestam um serviço essencial à saúde e bem-estar das populações e à preservação do ambiente, constituindo uma parcela de grande valor do património construído, a proteger e manter, correspondente a vultuosos investimentos já realizados e a realizar no futuro.

Estes sistemas devem cumprir diversos objectivos: protecção da saúde e segurança públicas, garantia das condições de saúde e segurança dos trabalhadores, protecção ambiental e desenvolvimento sustentável. Na avaliação de alternativas de reabilitação deve, assim, ter-se em conta a necessidade de considerar diferentes critérios que traduzem os objectivos mencionados.

No presente artigo apresenta-se a aplicação, ao sistema da Quinta do Borel na Amadora, de uma metodologia multicritério de apoio à decisão de alternativas de reabilitação. O modelo de decisão foi construído com o contributo dos técnicos dos SMAS de Oeiras e Amadora, seguindo uma abordagem construtiva, que permite construir o modelo de racionalidade utilizando respostas a perguntas que denotam níveis de preferência.

O contexto específico de cada sistema, associado aos constrangimentos económicos, ao aumento das exigências de funcionamento e complexidade da sua gestão, faz com que as ferramentas de apoio à decisão venham a ser cada vez mais importantes e necessárias para as entidades gestoras destes sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: alternativas, multicritério, reabilitação, sistemas drenagem urbana

¹ Mestrando, Instituto Superior Técnico (IST), Tagus Park, Av. Cavaco Silva 2780-990 Porto Salvo

² Investigadora Auxiliar, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem urbana prestam um serviço fundamental para a saúde e o bem-estar das populações, para a preservação do ambiente e constituem uma parcela do património construído de grande valor, a proteger e manter, correspondente a vultuosos investimentos realizados no passado e a realizar no futuro. Desta forma, a sua gestão requer uma utilização racional dos recursos, o que implica o estabelecimento correcto quer das prioridades quer das soluções de intervenção nos sistemas, ou seja, que se actue onde, quando e como for mais adequado, tendo em vista o desempenho global dos sistemas, numa óptica de desenvolvimento sustentado.

A gestão adequada dos sistemas de drenagem urbana é de grande importância, tendo em conta não apenas os recursos dispendidos na sua operação, manutenção e construção, mas também custos directos e indirectos que geralmente resultam de uma gestão ineficiente dos sistemas.

O crescimento populacional esperado nas zonas urbanas, e o aumento da incerteza relacionada com os fenómenos climáticos, entre outros, exigirá uma adaptação do sistema de gestão e, certamente, o uso de todos os tipos de instrumentos científicos e tecnológicos disponíveis. A situação em Portugal caracteriza-se pela rápida urbanização e concentração populacional na zona costeira do país, muitas vezes de forma não planeada. Estes factos reforçam a necessidade de respostas adequadas por parte dos sistemas já existentes. Adicionalmente, o aumento dos níveis de impermeabilização do solo implica maiores solicitações aos sistemas e condições de operação mais exigentes. Este conjunto de circunstâncias exigirá grandes investimentos por parte das autoridades competentes para garantir o bom desempenho dos sistemas.

Os sistemas de drenagem urbana têm vindo a ser objecto de vultuosos investimentos. Em Portugal, o *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais* (PEAASAR) 2007-2013 prevê investimentos de cerca de 1,2 mil milhões de euros em sistemas de drenagem urbana neste período (MAOT, 2007). Por outro lado, a aplicação desde 2004 do sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas da ERSAR (Alegre *et al.*, 2009; ERSAR 2009), a algumas entidades gestoras destes serviços, tem permitido identificar necessidades de reabilitação na maioria dos sistemas avaliados.

A reabilitação dos sistemas de drenagem urbana inclui qualquer intervenção física para prolongar a vida de um sistema existente ou melhorar o seu desempenho (CEN, 2008). Existem várias metodologias, modelos e ferramentas computacionais de apoio à reabilitação de sistemas de drenagem urbana. No entanto, as abordagens existentes não têm sido suficientemente abrangentes. O trabalho apresentado em Cardoso (2008) desenvolve uma metodologia de avaliação do desempenho técnico dos sistemas de drenagem urbana que considera diferentes pontos de vista na avaliação, com base num quadro de referência de indicadores de desempenho.

Os sistemas de drenagem urbana devem cumprir diversos objectivos, tais como a protecção da saúde e segurança públicas, a garantia das condições de saúde e segurança dos trabalhadores, a protecção ambiental e o desenvolvimento sustentável (CEN, 2008). Na avaliação de alternativas de reabilitação deve, assim, ter-se em conta a necessidade de se

considerarem diferentes critérios que traduzem os objectivos acima mencionados. Para tal, é essencial recorrer-se a metodologias multicritério de apoio à decisão, podendo o problema ser a escolha da melhor alternativa, a ordenação de alternativas ou a classificação de um conjunto de alternativas, segundo categorias pré-definidas e ordenadas, com base em múltiplos critérios (Figueira *et al.*, 2005).

No presente artigo apresenta-se a aplicação de uma metodologia multicritério de apoio à decisão para o problema de selecção de alternativas de reabilitação em sistemas de drenagem urbana. Esta metodologia foi aplicada ao sistema separativo da Quinta do Borel, gerido pelos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) de Oeiras e Amadora.

2. METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO

A tomada de decisões é inerente à existência de uma organização. Uma decisão é uma situação ou problema, para o qual um cliente precisa de uma solução, aconselhando-se para isso junto de um analista. O cliente espera, assim, justificar essa decisão.

A decisão muito raramente é realizada por uma única pessoa, mesmo que a responsabilidade final dessa decisão lhe possa ser imputada, sendo influenciada por um conjunto de entidades mais ou menos definidas. Este grupo, juntamente com o cliente, designa-se por actores. Os actores têm um interesse no processo de decisão e também o poder de afectar essa mesma decisão. Um outro grupo é o dos terceiros que são afectados pela decisão mas que não interferem no processo, apesar de serem considerados na tomada de decisão. Subjacente a uma decisão há, em geral, uma dinâmica de conflito que se gera entre os actores interessados. A esta dinâmica de conflito é dado o nome de processo de decisão (Roy, 1996).

Uma das metodologias multicritério existentes, para apoio à decisão, é a proposta por Bouyssou *et al.* (2006). Esta metodologia postula que a representação de um problema de apoio à decisão deve ser baseada na definição da situação de decisão, de acordo com o contexto do problema. Esta definição tem em conta os actores do processo, que podem ou não estar directamente envolvidos na decisão final, os objectos, ou seja a definição dos interesses de cada um dos actores no problema em causa, e os recursos que cada actor pretende atribuir a cada um dos seus objectos. A estrutura de um problema de decisão, segundo Bouyssou *et al.* (2006), é representada pelo diagrama de blocos da Figura 1.

Após a definição da situação de decisão existe a possibilidade de se criarem diversas formulações do problema em causa. Para isso, nesta fase da metodologia, procede-se à formulação ou modelação da interacção entre os envolvidos e inicia-se a estruturação do problema. Seguidamente, a construção do modelo de avaliação deve considerar os seguintes aspectos: o conjunto de alternativas que realmente vai ser avaliado, as dimensões do problema, a família coerente de critérios de avaliação e, finalmente, a incerteza em torno do modelo e do operador de agregação que serão utilizados.

O modelo aditivo de agregação ordena as alternativas em termos da sua atractividade e permite avaliar as diferenças relativas de atractividade (Bana e Costa *et al.*, 2005). O operador de agregação M-Macbeth é um *software* de agregação que avalia opções, comparando-as qualitativamente em termos de suas diferenças de atractividade em vários

critérios. A diferença essencial entre este *software* e outros é que o M-Macbeth considera julgamentos qualitativos para definir a diferença de atractividade entre os elementos do modelo, gerar resultados das alternativas nos critérios e pesar os critérios.

Na recomendação final os resultados são apresentados, devendo ser realizada uma análise de sensibilidade, permitindo ao cliente finalmente legitimar essas recomendações.

A análise de sensibilidade permite conhecer como varia a solução proposta, de acordo com variações dos parâmetros do modelo ou pesos, e qual é o intervalo de valores desses parâmetros para os quais a solução recomendada se mantém.

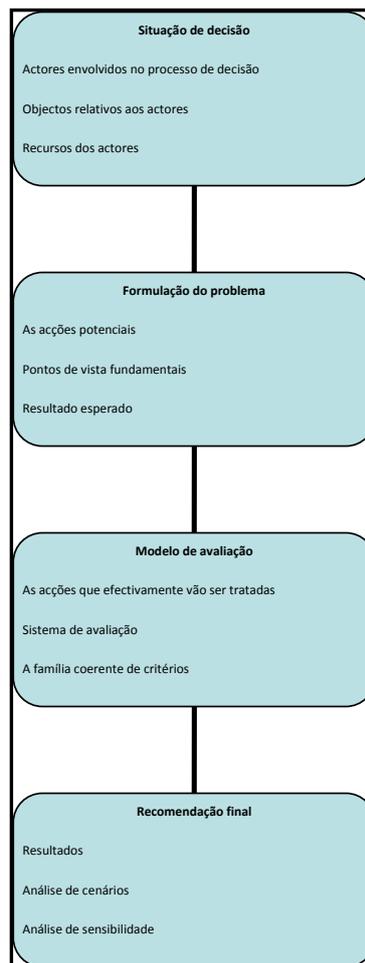


Figura 1. Estruturação de um modelo de apoio à decisão (Bouyssou *et al.*, 2006).

3. ANÁLISE DA SITUAÇÃO E CONTEXTO

O estudo que se apresenta foi desenvolvido na bacia de drenagem urbana da Quinta do Borel, no concelho da Amadora, com uma área de aproximadamente 8,6 ha (Figura 2). A Quinta do Borel é uma zona essencialmente residencial urbana, com algum comércio, uma pequena zona industrial e uma zona desportiva, com uma área de superfícies impermeáveis

significativa. A densidade populacional do concelho da Amadora é de 7389 hab/km². O tipo de sistema instalado é separativo, com escoamento gravítico, construído essencialmente no ano de 1982, tendo já sofrido algumas intervenções posteriores. As águas residuais domésticas são exportadas para tratamento fora do sistema.

O comprimento da rede de colectores domésticos é de, aproximadamente, 1460m e o de colectores pluviais de 2210m. Os colectores domésticos, em grés, são circulares e têm diâmetros que variam entre 200mm e 300mm. Os colectores pluviais, em PVC e betão, têm diâmetros que variam entre 200mm e 700mm.

Esta bacia foi seleccionada como caso de estudo pela existência de estudos já realizados anteriormente David (2004), Cardoso (2008) e Camacho (2007), pela disponibilidade de informação dos SMAS de Oeiras e Amadora e o interesse demonstrado na utilização da metodologia proposta. Esta bacia foi modelada, no programa MOUSE (*Danish Hydraulic Institute*), no âmbito dos estudos realizados em 2003 e 2004. Estes estudos focaram a quantificação das afluências indevidas ao sistema separativo doméstico de uma bacia piloto, pertencente a esta bacia, a avaliação do seu desempenho técnico e a previsão do impacto da degradação estrutural no desempenho do sistema total.

Os principais problemas identificados na bacia foram a existência de ligações cruzadas indevidas entre as duas redes separativas, entrada em carga dos colectores em tempo de chuva, maus odores, mesmo no interior das habitações, a existência de colectores com problemas estruturais.



Figura 2. Bacia da Quinta do Borel

Em 2007 foi implementada uma solução de beneficiação no sistema pluvial, correspondente à desconexão de uma área de 4,4ha que contribuía para este sistema (Figura 2). No entanto, através da modelação matemática desta solução, foi possível verificar que, apesar da beneficiação resultante, persistiam problemas de falta de capacidade hidráulica em parte do sistema pluvial.

4. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E AVALIAÇÃO DO MODELO

4.1. Considerações gerais

O modelo de avaliação foi construído com o contributo de informação prestada pelos técnicos do SMAS de Oeiras e Amadora, de informação recolhida na pesquisa bibliográfica, e nos trabalhos anteriormente desenvolvidos, e na simulação das alternativas de reabilitação aplicadas ao modelo hidráulico já existente da Quinta do Borel. A construção do modelo ao qual foi aplicado o operador de agregação M-Macbeth, permite racionalizar, sintetizar e estruturar o problema de forma a desenvolver uma recomendação final.

4.2. Pontos de vista fundamentais

Os pontos de vista fundamentais que se identificaram conjuntamente com os SMAS de Oeiras e Amadora foram os seguintes: *Custos*, *Hidráulico*, *Estrutural* e *Externalidades*. Os impactos ambientais são parte do ponto de vista externalidades, tais como os impactos sócio-económicos criados durante a construção. Após a construção as externalidades consideram o impacto das inundações.

O ponto de vista *Custos* abarca todos os custos desde o investimento inicial e considera 50 anos de vida da estrutura. Este ponto de vista será considerado numa análise Custo-Benefício, em fase posterior. O ponto de vista *Hidráulico* compreende todos os factores que quantificam e qualificam o desempenho hidráulico do sistema, em ambos os sistemas pluvial e doméstico. O ponto de vista *Estrutural* engloba a condição estrutural actual e o potencial de degradação estrutural na vida da estrutura, para ambos os sistemas pluvial e doméstico.

4.3. Alternativas

As alternativas potenciais são aquelas que podem vir a resolver os principais problemas detectados no sistema, nomeadamente a falta de capacidade hidráulica, defeitos estruturais e a existência de ligações indevidas em alguns troços do sistema.

As alternativas de reabilitação que efectivamente vão ser avaliadas são as que se tornaram consensuais, com a contribuição dos SMAS de Oeiras e Amadora, tendo em conta os problemas verificados no sistema de drenagem. Dada a variedade de características existentes nos sistemas de drenagem urbana, pode dar-se o caso de existirem alternativas que não são de todo aplicáveis, devido a constrangimentos técnicos. Das acções que efectivamente podem ser consideradas, algumas delas são de utilização frequente em Portugal outras, como a construção e utilização de bacias de retenção, são alternativas mais inovadoras.

As acções consideradas pelos SMAS de Oeiras e Amadora visam essencialmente a reabilitação hidráulica, estrutural e ambiental do sistema. Assim, as alternativas de reabilitação a avaliar são as seguintes:

1. Não realizar qualquer intervenção no sistema (N).
2. Substituição sem ampliação (S), essencialmente de âmbito estrutural, substitui os colectores que se consideram não apresentar uma condição estrutural aceitável, permitindo uma reabilitação do material construtivo. Os SMAS de Oeiras e Amadora não têm ainda um plano de

manutenção preventiva estabelecido. Neste contexto, o procedimento utilizado na selecção dos colectores a substituir foi atribuir a cada um dos defeitos estruturais, detectados durante as inspecções visuais realizadas e codificados de acordo com a norma EN-13508-2, uma classificação da condição de acordo com a metodologia proposta pelo WRC (2001). Os colectores em pior condição foram os seleccionados. Considera-se, assim, existirem colectores, em comprimento total de 132,72m, a substituir no sistema doméstico e de 19,96m no sistema pluvial.

3. Revestimento interno (R) nos colectores seleccionados na alternativa 2.
4. Substituição com ampliação (SA) dos colectores que revelam falta de capacidade hidráulica. Esta alternativa de reabilitação é essencialmente de âmbito hidráulico e permite um aumento de capacidade hidráulica do sistema, devido à substituição dos colectores existentes por colectores de maior dimensão. A selecção dos colectores a substituir baseou-se nos resultados do modelo hidráulico, nos colectores com falta de capacidade hidráulica para um período de retorno de 10 anos (Decreto Regulamentar nº23, 1995). A técnica construtiva a utilizar é a de vala aberta com *trench box*, analisada em Camacho (2007).
5. Implantação de uma bacia de detenção (B) a montante dos colectores que revelam falta de capacidade hidráulica. Esta alternativa de reabilitação é essencialmente de âmbito hidráulico e permite o controlo na origem dos caudais pluviais, tendo sido analisada em Camacho (2007).
6. Construção de uma caixa de repartição de caudais (C) que faça divergir parte do caudal dos colectores com falta de capacidade hidráulica. Esta é uma solução essencialmente hidráulica e aproveita a existência de um conjunto de colectores implantados paralelamente, sem problemas de capacidade hidráulica e que poderiam ser aproveitados neste sentido.
7. Desconexão de ligações indevidas de origem pluvial ao sistema doméstico. Esta solução incide essencialmente ao nível hidráulico e ambiental. No sistema da Quinta do Borel existem 28 ligações pluviais ao sistema em que 4 estão indevidamente ligadas ao sistema doméstico, tendo sido detectadas na inspecção realizada em 2003. Esta solução foi posteriormente dividida em 3 alternativas que representam o melhor cenário possível (CIII), o pior cenário (CI) e um cenário intermédio (CII), na aplicação desta alternativa.
8. Combinação das alternativas de substituição de colectores com ampliação, sem ampliação e desconexão de ligações indevidas de origem pluvial ao sistema doméstico (S+SA+DIII). Esta foi a combinação de alternativas consideradas pois, em cada um dos objectivos de reabilitação analisados parcialmente, são as que têm maiores impactos positivos.

4.4. Dimensões

A estruturação do modelo em árvore representa-se na Figura 3 e permite uma melhor percepção do modelo. O nó da árvore com a designação Global corresponde à pontuação global das alternativas, obtida somando os valores locais das alternativas nos critérios, ponderados pelo peso do critério no modelo. Os nós dos critérios considerados apresentam-se a vermelho na figura e descrevem-se seguidamente. Os outros nós são fundamentalmente explicativos das hierarquias e ramificações do modelo.

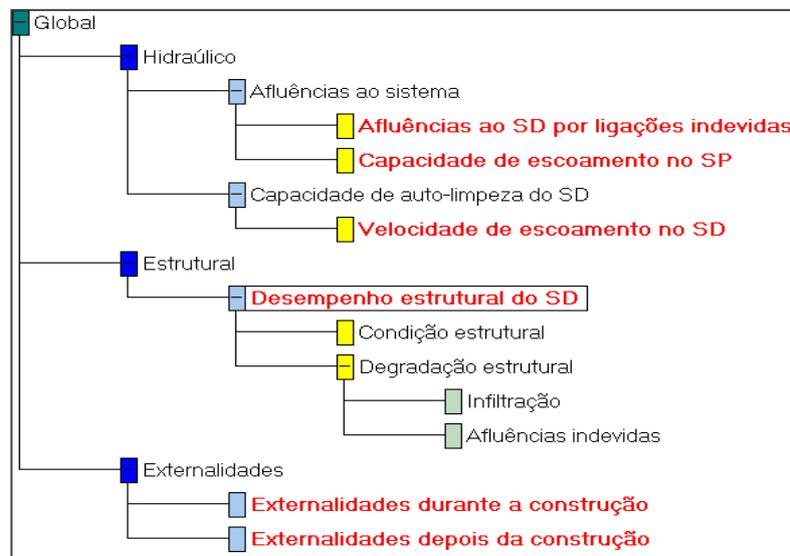


Figura 3. Árvore de critérios.

Critérios:

- *Capacidade de escoamento no sistema pluvial* – A capacidade hidráulica tem como descritor a altura de escoamento, utilizando o indicador IDH1 proposto em Cardoso (2008). A capacidade hidráulica é medida para cada um dos colectores do sistema e posteriormente agregada, de forma pesada pela capacidade e comprimento de cada um dos colectores. Considera-se que os sistemas pluviais têm boa capacidade hidráulica se a altura de escoamento for inferior ao diâmetro do colector pluvial; considera-se aceitável se o escoamento se fizer até um nível de descarga do colector, caso contrário considera-se haver falha da capacidade hidráulica.
- *Afluências ao sistema doméstico por ligações indevidas* – As afluências indevidas de origem pluvial têm como descritor um indicador proposto em Cardoso (2008). No ponto de vista estritamente hidráulico foi seleccionado o IDH9, que indica qual é a percentagem que o caudal máximo de ligações indevidas representa, relativamente ao valor do caudal de secção cheia do colector, que corresponde à sua capacidade. As afluências indevidas são medidas globalmente para todo o sistema. Considera-se um desempenho óptimo para o valor do indicador de 12,5%, aceitável até 25% e mau desempenho até 50%, acima deste valor o sistema está em falha de serviço.
- *Capacidade de auto-limpeza do sistema doméstico* – Esta capacidade é expressa em termos da velocidade média de escoamento, utilizando o indicador IDH2 proposto em Cardoso (2008), em m/s. Os sistemas devem ter uma velocidade de escoamento tal que evite a acumulação de sedimentos nos colectores.
- *Condição estrutural do sistema doméstico* – Para descrever a condição estrutural do sistema é considerado o resultado da inspecção visual, seguindo a norma a EN 13508-2 (2003). Esta norma codifica o conjunto de observações estruturais. O nível considerado para a substituição ou renovação dos colectores foi o nível 4 do sistema de classificação estrutural

WRC (2001), que se baseia na norma EN 13508 (2003) para classificar os defeitos observados.

- *Infiltração (IDH5)* – A infiltração tem como descritor um indicador proposto em Cardoso (2008). Do ponto de vista estrutural foi seleccionado o indicador IDH5, que indica qual é o caudal médio de infiltração que ocorre por cada km de comprimento de colector. O indicador mede um valor global do sistema. Considera-se um desempenho óptimo para valores do indicador até 10 m³/dia/km, aceitável até 80 m³/dia/km e mau desempenho até 150 m³/dia/km, acima deste valor o sistema está em falha de serviço.
- *Afluências indevidas de origem pluvial (IDH11)* - As afluências indevidas de origem pluvial têm como descritor um indicador proposto em Cardoso (2008). Do ponto de vista estrutural foi seleccionado o IDH11, que traduz a percentagem que o volume de afluências pluviais provenientes de ligações indevidas representa, relativamente ao volume de precipitação útil (que origina escoamento) caído na bacia. As afluências indevidas são medidas globalmente para todo o sistema. Considera-se um desempenho óptimo até valores do indicador de 0,5%, aceitável até 0,8%, mau desempenho até 2,6%, acima deste valor o sistema está em falha de serviço.
- *Externalidades durante a construção* – Durante uma obra as actividades económicas são por ela afectadas, podendo resultar uma redução dessa mesma actividade económica causada pelo ruído, ocupação da via pública e dificuldades de acesso. A obra também provoca perturbação do tráfego causada pelo impedimento de passagem e ocupação da via pública. O ruído causado pela actividade de construção no local da implementação da alternativa, as vibrações causadas pela actividade de construção no local e as poeiras provocadas pela intervenção no terreno podem afectar os edifícios envolventes e a população. O descritor utilizado para medir estas externalidades corresponde à área ocupada na via pública e duração da intervenção. O impacto da alternativa resulta, assim, da multiplicação da área ocupada pela duração da intervenção.
- *Externalidade depois da construção* – O descritor considerado para medir este critério corresponde ao número de câmaras de visita afectadas por inundações, resultante da implementação das alternativas de reabilitação para um período de retorno de 10 anos, para o sistema pluvial, e um factor de carga de 20, para o sistema doméstico.

Na utilização do *software* M-Macbeth cada um dos critérios assinalados a vermelho na Figura 3, que pode ser operacionalizado por uma ou mais dimensões, tem uma função de valor. Esta função foi construída a partir dos julgamentos das diferenças de atractividade entre os diferentes níveis de impacto. Cada critério tem dois níveis de referência: um bom (100) e um neutro (0).

A título de exemplo, o critério *Velocidade de escoamento* no sistema doméstico tem quatro níveis de impacto (0; 0,6; 0,9; 3) sendo que o decisor julgou a diferença de atractividade entre 0,6 m/s e 0,9 m/s extrema, e nula entre 0,9 m/s e 3 m/s, assim como entre 0 m/s e 0,6 m/s. A referência superior é 0,9 m/s e a inferior 0,6 m/s.

Neste critério, resultou a matriz de julgamentos e a função de valor apresentados, respectivamente, na Figura 4 e na Figura 5. As alternativas estudadas terão, assim, um valor entre 0 e 100 neste critério, de acordo com a velocidade de escoamento.

	3	0.9	0.6	0
3	nula	nula	positiva	positiva
0.9	nula	nula	extrema	positiva
0.6			nula	nula
0			nula	nula

Figura 4. Matriz de julgamentos no critério *Velocidade de escoamento* (sistema doméstico, M-Macbeth)

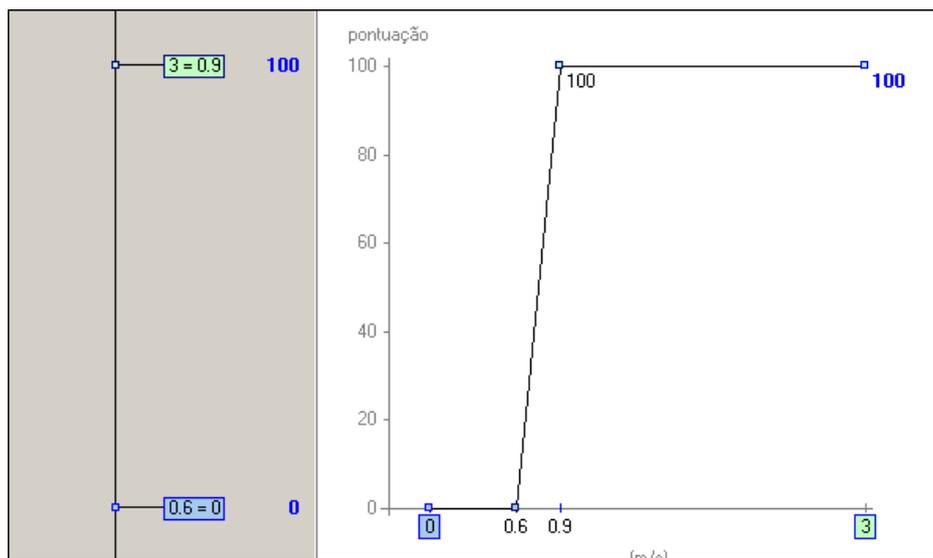


Figura 5. Função de valor para o critério *Velocidade de escoamento* (sistema doméstico, M-Macbeth)

Os restantes critérios foram construídos da forma que se apresenta no Quadro 1.

Ponto de vista	Critério	Dimensões	Níveis de Impacto	Unidade	Referência superior/inferior	Observações
Hidráulico	Afluências ao SD por ligações indevidas		12,5; 25 e 50	%	12,5/50	Foram considerados três eventos de precipitação, fraco, médio e forte que foram classificados utilizando a função de valor do M-Macbeth. Foi considerada a média das três classificações para classificar a alternativa como um todo. O descritor é <i>quantitativo/contínuo/natural</i> .
	Capacidade de escoamento no SP		Diâmetro do colector e Nível do terreno	m	Diâmetro do colector/Nível do terreno	Cada colector foi classificado de acordo com a função de valor do M-Macbeth, sendo que a classificação das alternativas resulta de uma média pesada pelo comprimento dos colectores dessa classificação. O descritor é <i>quantitativo/contínuo/natural</i> .
	Velocidade de escoamento no SD		0;0,6;0,9 e 3	m/s	3 e 0,9/0 e 0,6	As alternativas foram classificadas directamente na função de valor da Figura 5. O descritor é <i>quantitativo/contínuo/natural</i> .
Estrutural	Desempenho estrutural do SD	Condição estrutural, Infiltração (IDH5), Afluências indevidas (IDH11)	Muito Bom; Bom; Aceitável e Mau	NA	Muito Bom/Mau	Para este critério recorreu-se à metodologia proposta por Bana e Costa (2001), em que foi definido um nível satisfatório e neutro para cada uma das dimensões que foram classificadas também como <i>Determinantes, Importantes</i> ou <i>Secundárias</i> . Neste caso a Condição foi considerada <i>determinante, Infiltração importante</i> e as <i>Afluências secundária</i> . A partir da aplicação desta metodologia foi construída uma escala qualitativa para o critério tendo em conta a importância dada pelo decisor a cada uma das dimensões. O descritor é <i>qualitativo/discreto/construído</i> .
Externalidades	Externalidades durante a construção		0 e 5239	NA	0/5239	O pior impacto é o impacto correspondente à alternativa S+SA+DIII, o decisor considerou não se justificar a introdução de níveis de impacto intermédio pois do seu ponto de vista as alternativas são intervenções de pequena dimensão. O descritor é <i>quantitativo/contínuo/proxy</i> .
	Externalidades depois da construção		0;11 e 13	NA	0/13	O impacto correspondente ao nível 11 é o estado actual do sistema, onde existem 11 nós com possibilidade de ocorrência de inundação. O descritor é <i>quantitativo/contínuo/proxy</i> .

Quadro 1. Sumário dos critérios do problema de decisão.

Os pesos dos critérios reflectem a importância relativa que o decisor julga existir entre eles. A ordenação dos critérios é conseguida a partir de julgamentos de atractividade entre eles. Para o decisor, o bom funcionamento do sistema doméstico é mais crítico do que o do sistema pluvial, uma vez que as consequências do mau funcionamento do sistema doméstico são mais gravosas para todos os actores envolvidos. Para o decisor, um bom desempenho estrutural é mais importante do que um bom desempenho hidráulico. As Externalidades são menos importantes do que todos os outros critérios, uma vez que os SMAS não sentem directamente o seu impacto. Contudo, os impactos após a construção são de longo prazo e, por esta razão, os SMAS atribuem-lhes maior importância, do que aos impactos durante a construção. Tendo em conta o que foi descrito, a matriz de julgamentos dos critérios é a que se apresenta na Figura 6.

	[2.1-DESD]	[1.1.1-AISD]	[1.2.1-VESD]	[1.1.2-CESP]	[EDepC]	[EDurC]	[tudo inf.]
[2.1-DESD]	nula	mt. fraca	mt. fraca	moderada	moderada	mt. forte	positiva
[1.1.1-AISD]		nula	mt. fraca	moderada	moderada	forte	positiva
[1.2.1-VESD]			nula	moderada	moderada	forte	positiva
[1.1.2-CESP]				nula	mt. fraca	moderada	positiva
[EDepC]					nula	moderada	positiva
[EDurC]						nula	positiva
[tudo inf.]							nula

Figura 6. Matriz de julgamentos dos critérios

5. RESULTADOS

No Quadro 2 apresenta-se o sumário dos resultados obtidos da avaliação. Pode analisar-se o impacto local das alternativas nos critérios, os pesos dos critérios, obtidos após os julgamentos de atractividade entre os critérios, e a classificação final das alternativas consideradas, na coluna correspondente à classificação global.

Opções	Global	1.1.1-AISD	1.1.2-CESP	1.2.1-VESD	2.1-DESD	EDurC	EDepC
N	39.01	19.75	80.00	13.33	53.00	100.00	33.00
S	38.31	19.75	80.00	13.33	53.00	76.64	33.00
SA	40.44	19.75	88.00	13.33	53.00	23.65	57.36
R	41.22	19.75	75.00	43.33	53.00	96.18	0.00
C	34.24	19.75	73.00	13.33	53.00	92.33	0.00
B	43.05	19.75	82.00	13.33	53.00	47.32	81.73
DI	41.95	23.75	80.00	13.33	53.00	98.85	51.27
DII	46.47	42.50	80.00	13.33	53.00	99.43	51.27
DIII	60.28	100.00	80.00	13.33	53.00	100.00	51.27
S+SA+DIII	71.51	100.00	88.00	13.33	82.00	0.00	100.00
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.2400	0.1300	0.2200	0.2700	0.0300	0.1100

Quadro 2. Sumário dos resultados obtidos.

Após a realização de uma análise de sensibilidade entre as duas melhores alternativas, S+SA+DIII e DIII (Quadro 2), verificou-se que apenas existia uma mudança de ordenação para o critério *Externalidades durante a construção*, a partir do valor do peso atribuído a este critério de 12,8. Questionou-se o decisor relativamente à possibilidade de consideração desta alteração no peso do critério, ao que ele respondeu negativamente. Desta forma, pode-se afirmar que a melhor alternativa a considerar é a combinação das alternativas de *Substituição e ampliação de colectores*, *Substituição de colectores* e *Desconexão de ligações indevidas no melhor cenário*.

Após análise dos resultados, o decisor solicitou o estudo de uma outra alternativa combinada R+B+DIII, tendo em conta que são estas as alternativas individuais com melhor classificação em cada um dos objectivos de reabilitação. A avaliação desta alternativa combinada encontra-se presentemente a decorrer. Adicionalmente, deve ter-se em consideração que, apesar de a alternativa S+SA+DIII ser a melhor classificada, DIII é o melhor cenário possível que, segundo o decisor, é de muito difícil aplicação prática. Por esta razão, seria sempre desejável proceder a estudos mais pormenorizados em relação à sua aplicabilidade. A desconexão de ligações indevidas deve ser considerada sempre que haja uma oportunidade para o fazer, no âmbito de outras intervenções, sem que se incorra em custos adicionais para o operador. Na Figura 7 apresenta-se a ordenação final das alternativas.

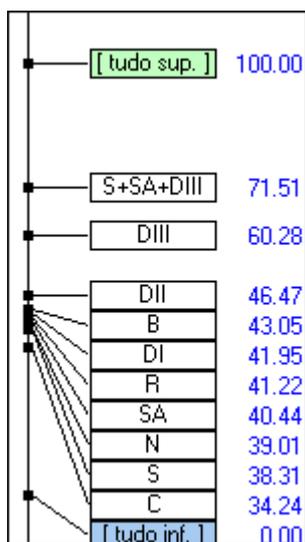


Figura 7. Termómetro global com ordenação final das alternativas.

A classificação final mostra que existe pouca diferença de atractividade entre a opção não realizar intervenção e a maioria das outras, com excepção da combinação S+SA+DIII. Tendo em conta os resultados obtidos, é possível concluir que, para cumprir os objectivos de reabilitação estudados, não são suficientes intervenções de pequena dimensão para beneficiar o sistema mas apenas uma intervenção com uma dimensão significativa poderá modificar, efectivamente, o desempenho global do sistema.

6. CONCLUSÕES

O modelo de decisão apresentado foi construído com o contributo dos técnicos dos SMAS de Oeiras e Amadora, seguindo uma abordagem construtiva (Bouyssou *et al.*, 2006), que permitiu ao cliente construir o seu próprio modelo de racionalidade, aplicável a um contexto particular, utilizando respostas a perguntas que denotam níveis de preferência. Ao modelo de decisão foi aplicado o operador de agregação M-Macbeth (Bana e Costa *et al.*, 2005), que permitiu racionalizar, sintetizar e estruturar o problema de forma a desenvolver uma recomendação final. As dimensões que afectam o resultado foram identificadas, servindo de base à construção dos critérios e que permitiram avaliar nove alternativas estudadas, visando a melhoria do desempenho técnico global do sistema. A avaliação das alternativas recorreu à modelação matemática do sistema e incorporou a metodologia desenvolvida em Cardoso (2008).

A interacção com os SMAS mostrou-se essencial desde a definição dos pontos de vista fundamentais, à recolha de dados e análise dos dados, assim como na definição do problema e nos julgamentos das diferenças de atractividade.

O método de trabalho utilizado permitiu que o modelo correspondesse às expectativas do tomador da decisão. A legitimação deu-se por etapas, ou seja, procurou-se captar as preocupações e desejos dos gestores e, de seguida, analisar e tratar essa informação, propondo novamente evoluções ao modelo até se atingir um consenso a cada nova etapa do processo. O modelo, como já mencionado, tem vindo a sofrer evoluções constantes ao longo do processo, conforme o conhecimento dos objectivos de reabilitação e as preocupações centrais iam aumentando.

A utilização destes resultados pode ter diversos objectivos, como a possível extensão e generalização da aplicação desta metodologia a outros sistemas de drenagem urbana no âmbito da gestão SMAS, assim como na selecção de alternativas de reabilitação com base numa abordagem cada vez mais pró-activa e menos reactiva.

O excesso de informações a processar pode, por vezes, conduzir a decisões pouco sustentadas se se tiver em conta somente um ou dois únicos critérios de avaliação do desempenho do sistema. Por outro lado, a multiplicidade de critérios pode dificultar a análise, pelo que o uso da decisão multicritério na reabilitação dos sistemas de drenagem urbana, integrando todos os pontos de vista relevantes para a tomada de decisões, se torna cada vez mais relevante. A melhoria do nível de informação disponível sobre o desempenho dos sistemas pode trazer melhorias significativas em relação ao nível de certeza dos resultados.

O contexto específico de cada sistema de drenagem urbana, associado aos constrangimentos económicos, ao aumento das exigências do seu funcionamento e à complexidade da sua gestão, tem vindo a tornar as ferramentas de apoio à decisão cada vez mais importantes e necessárias para as entidades gestoras destes sistemas fundamentarem as suas decisões de forma eficaz, eficiente e sustentável.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com a colaboração dos SMAS de Oeiras e Amadora, que disponibilizaram a informação do caso de estudo e colaboraram no modelo de decisão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, H., Matos, R., Neves, E. B., Cardoso, A., Duarte, P., Baptista, J. M., Pássaro, D. A., Santos, R. F., Pires, J. S., Fernandes, T., Almeida, J., Neves, T., Escudeiro, M. H., Lobo, M. F., Nunes, M., Silva, J., Costa, A., Lopes, R., Ribeiro, A., Silva, J. C., Neves, T., Freixial, P., Ferreira, R., Ramos, R., Rodrigues, R. (2009). *Sistema de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestado aos Utilizadores. 1ª Geração do sistema de indicadores de qualidade de serviço*. Série Guias Técnicos, nº 12, Edição IRAR/LNEC, ISBN 978-989-95392-8-0.
- Bana e Costa, C. A.; De Corte, J.-M.; Vansnick, J.-C. (2005). Guia do Utilizador – M-MACBETH versão 1.1, Julho.
- Bouyssou, D., Marchant, T., Pirlot M., Tsoukias, A., Vincke, P. (2006). *Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria: Stepping Stones for the analysis*. New York, USA, Springer's International Series.
- Camacho, P. (2007). Avaliação de estratégias de reabilitação de sistemas de drenagem urbana – Aplicação a um caso de estudo utilizando a metodologia CARE-S, IST-UTL, Tese de Mestrado.
- Cardoso, M.A. (2008). *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal (546 pp.). Coleção "Teses e Programas de Investigação LNEC", LNEC, Lisboa, 978-972-49-2132-7, 403 pp. e Cd-Rom.
- CEN (2008). EN 752:2008, European Standard Drain and sewer systems outside buildings. CEN, Comité Europeu de Normalização, 24 de Novembro de 2007, Bruxelas, Bélgica.
- Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto. Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição e de drenagem de águas residuais.
- EN 752 (2008) European Standard Drain and sewer systems outside buildings. CEN, European Committee for Standardisation, Bruxelas, Bélgica.
- ERSAR (2009). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal (2008). Volume 3 - Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores*. ISBN: 978-989-8360-00-7.
- Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (Eds.) (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer Verlag, Boston, Dordrecht, London.
- MAOT (2007) PEAASARII – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

- Bana e Costa, C. A., Euro Beinat (2005). Model-structuring in public decision-aiding, Department of operational research – London School of Economics.
- Bana e Costa, C.A., Corrêa, E. C. De Corte, J.M., Vansnick J.C. (2002). Facilitating bid evaluation in public call for tenders: a socio-technical approach, *OMEGA: The International of Management Science*, 30, pp. 227-242.