



## Avaliação da condição estrutural de colectores: inspecção visual com CCTV, requisitos e uso de dados

Maria do Céu Almeida<sup>1</sup>, João P. Leitão<sup>2</sup>, Maria Santos Silva<sup>3</sup>

### RESUMO

Os sistemas de água urbanos são infra-estruturas indispensáveis à vida das sociedades modernas, promovendo a dinâmica económica das cidades e assegurando níveis adequados de saúde pública. É por isso essencial garantir a sustentabilidade destes sistemas, tanto a nível económico e financeiro, como a nível operacional e estrutural. A inspecção visual de colectores é uma das actividades que pode ter um grande contributo para uma adequada gestão patrimonial de infra-estruturas de sistemas urbanos de água.

A inspecção de componentes de sistemas urbanos de água inclui um conjunto de actividades com o objectivo de obter observações objectivas que permitam, após a análise dos dados, avaliar o desempenho funcional dos componentes, podendo fornecer informação para o diagnóstico dos sistemas sob diferentes pontos de vista (estrutural, hidráulico, ambiental e operacional).

Neste artigo pretende-se dar um contributo para a divulgação no meio técnico nacional do potencial das inspecções dos sistemas e, em particular, o sistema de codificação europeu. Assim, no artigo destacam-se os potenciais usos das observações, descreve-se resumidamente o conteúdo da norma EN 13508-2:2003, identificam-se problemas comuns nas actividades de inspecção com CCTV, apresentam-se algumas boas práticas na execução das inspecções, e ilustra-se a aplicação dos resultados de inspecção para a avaliação da condição estrutural de colectores.

**Palavras-chave:** condição estrutural, inspecção visual, rede de colectores, sistema de codificação

### 1 - INTRODUÇÃO

A gestão patrimonial de infra-estruturas (GPI) constitui uma actividade reconhecida actualmente como sendo basilar para as entidades gestoras de sistemas urbanos de água. De facto, a GPI contribui para serem desenvolvidas condições nas entidades gestoras para assegurar a sustentabilidade dos seus serviços, num enquadramento de exigências crescentes. Sendo as infra-estruturas urbanas de água essenciais para a saúde pública, para o bem-estar das populações, para a vitalidade económica e social da sociedade e sustentabilidade ambiental das cidades, é claro o interesse da GPI aplicada a sistemas urbanos de água.

A GPI enquadra várias actividades, sendo a reabilitação, a manutenção e a operação parte integrante desta abordagem e fundamentais para atingir os requisitos de desempenho e para implementar acções de actuação para a correcção de disfunções derivadas da inevitável deterioração dos sistemas. As acções de reabilitação, manutenção e operação destinam-se a

---

<sup>1</sup> Investigadora Principal, LNEC, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. Do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Tel: 21 844 3627; email: [mcalmeida@lneec.pt](mailto:mcalmeida@lneec.pt)

<sup>2</sup> Bolseiro *post-doc*, LNEC-DHA-NES, [jleitao@lneec.pt](mailto:jleitao@lneec.pt)

<sup>3</sup> Bolseira, LNEC-DHA-NES, [mssilva@lneec.pt](mailto:mssilva@lneec.pt)

repor a condição e o nível de desempenho em níveis aceitáveis definidos pela entidade gestora. Neste contexto as actividades de inspecção dos sistemas podem ter um contributo relevante para a obtenção de dados e para a detecção de situações críticas, nomeadamente no enquadramento da avaliação dos sistemas e do diagnóstico sob vários pontos de vista de desempenho técnico. A avaliação de desempenho é basilar num processo de gestão estruturado e sistemático dos sistemas urbanos de água recorrendo-se frequentemente à inspecção como forma de obter informação sobre o seu estado corrente sob diferentes pontos de vista, como sejam, do desempenho hidráulico, estrutural, ambiental ou operacional.

Na Figura 1 mostram-se esquematicamente modos de evolução do desempenho típicos, considerando o ponto de vista da condição estrutural, ao longo do tempo. Como se pode ver na Figura 1, no caso de ser adoptada uma abordagem de reabilitação reactiva, ou seja, onde se efectuam intervenções após a falha do componente do sistema (por exemplo, após colapso), está-se numa situação em que não é utilizada de forma sistemática informação resultante da operação para evitar situações limites de falha. Para que seja possível adoptar uma abordagem sistemática de reabilitação pré-falha (reabilitação preventiva ou pro-activa), seja para evitar atingir determinados níveis de deterioração do desempenho ou para evitar atingir a falha (e.g. colapso), é necessário obter informação com periodicidade adequada sobre a condição do componente ou sistema.

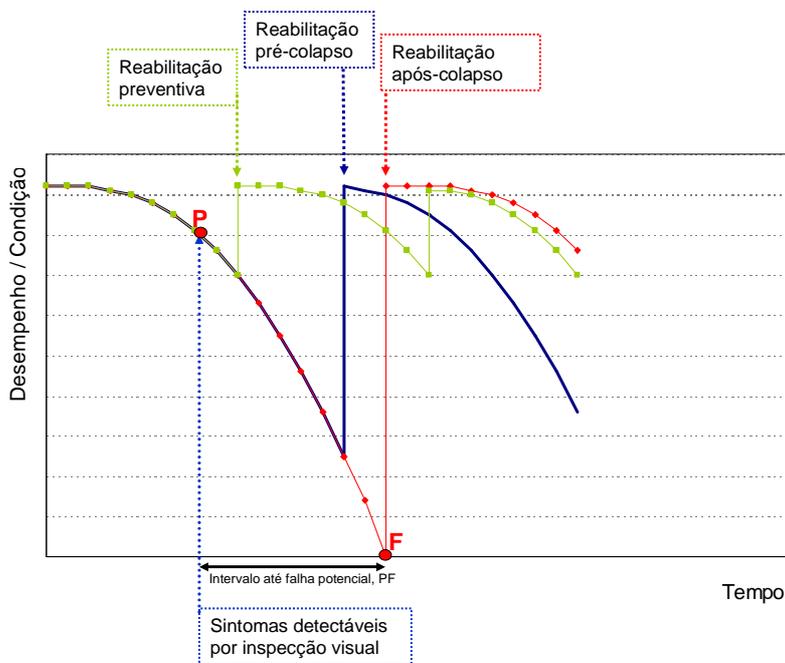


Figura 1 – Representação esquemática do processo de degradação do desempenho ao longo do tempo

As actividades de inspecção devem ser planeadas de modo a que o intervalo entre inspecções seja inferior ao intervalo PF, que é o intervalo que medeia entre o momento em que os sintomas são detectáveis por inspecção visual até à ocorrência da falha. Se o intervalo entre inspecções for superior a PF, é possível que a falha ocorra sem ser detectada. A estimativa deste período pode resultar da experiência dos técnicos, da opinião de especialistas e do conhecimento resultante do histórico de inspecções e de colapsos ocorridos. Os componentes a inspecionar e a frequência destas inspecções pode derivar directamente de estimativas do nível de risco associado a cada componente (Almeida *et al.*, 2009).

A inspecção de componentes de sistemas urbanos de água inclui um conjunto de actividades com o objectivo de obter observações objectivas que permitam, após a análise dos

dados, avaliar o desempenho funcional dos componentes. Frequentemente, o objectivo principal das inspecções é a avaliação da condição estrutural, mas podem ser também feitas para recolher informação cadastral ou para identificar anomalias funcionais de desempenho hidráulico, ambiental e até operacional. Assim, devem ser identificados os objectivos específicos para cada inspecção bem como a informação a recolher. A inspecção pode também ter outras finalidades mais específicas, tais como a avaliação das condições para instalação de equipamentos de medição. As inspecções devem ser parte integrante do plano de operação da entidade gestora e o seu planeamento deve ser suportado pelos resultados das inspecções e consequente avaliação do desempenho e níveis de risco de falha associados (Almeida e Cardoso, 2010, Koo e Ariaratram, 2006, Urquhart, 2006).

Consoante a sua finalidade, a inspecção pode ser externa ou interna, directa ou indirecta. O método de inspecção mais comum em sistemas de colectores é a inspecção visual que consiste na inspecção directa ou indirecta do interior dos componentes (inspecção interna). No caso de inspecção directa ou pessoal, esta é feita por uma pessoa que percorre a extensão do componente, por exemplo um colector visitável, observando e registando as anomalias; no caso da inspecção indirecta ou remota, esta é executada com recurso a sistema de vídeo (e.g., CCTV), a câmara fotográfica ou a espelhos. Este tipo de método é o mais comum e o menos dispendioso, mas apenas permite avaliar a parede interior dos colectores ou outros componentes. No entanto, existem outros métodos para proceder à inspecção de componentes de sistemas de águas residuais incluindo:

- inspecção com sonar, especialmente utilizada para inspecção de componentes total ou parcialmente submersos, existindo equipamentos que associam o sonar a um sistema CCTV, possibilitando a observação simultânea das condições da parte submersa do componente e a visualização da parte emersa com o sistema de vídeo. O uso de sonar permite medir com boa exactidão os objectos submersos (3 mm com baixa concentração de sólidos suspensos), dependendo das condições locais (WRc, 2001);
- levantamentos com anel laser (light-ring surveys), onde se faz a projecção, na parede do colector, de um anel luminoso com laser, registando-se a projecção na superfície que depois de processada permite determinar com exactidão a forma da secção transversal e quantificar a eventual deformação da secção;
- inspecção com radar (ground probing radar inspection) para avaliar a espessura do material do componente e identificar a presença de cavidades.

Estes métodos normalmente requerem técnicos com muita experiência para interpretar os resultados da inspecção (Feeney *et al.*, 2009).

Em termos práticos a inspecção visual deve ser indirecta para evitar a entrada de pessoal nos espaços confinados. No entanto, em colectores visitáveis os equipamentos utilizados nas inspecções indirectas apresentam algumas limitações sendo por isso normal a inspecção por pessoal nesses casos. Qualquer que seja o método seleccionado importa adoptar boas práticas na execução das inspecções, para obter melhores resultados compatíveis com os usos posteriores desses dados, e utilizar um método adequado para o registo das observações.

A inspecção visual é normalmente efectuada em sistemas de colectores, tipicamente nos colectores e câmaras de visita. No entanto, os mesmos métodos podem ser utilizados para realizar inspecções a componentes de sistemas de abastecimento (e.g. condutas), implicando naturalmente não só colocar o componente fora de serviço mas também esvaziá-lo e adoptar os cuidados adequados para a higienização e colocação em serviço.

Neste artigo pretende-se dar um contributo para a divulgação no meio técnico nacional do potencial das inspecções dos sistemas e, em particular, o sistema de codificação europeu. Assim, no artigo destacam-se os potenciais usos das observações, descreve-se resumidamente o conteúdo da norma EN 13508-2:2003, identificam-se problemas comuns nas actividades de inspecção com CCTV, apresentam-se algumas boas práticas na execução das inspecções, e ilustra-se a aplicação dos resultados de inspecção para a avaliação da condição estrutural de colectores.

## 2 - POTENCIAIS USOS DAS OBSERVAÇÕES POR INSPECÇÃO VISUAL

A inspecção de componentes permite obter dados utilizáveis com diferentes finalidades, nomeadamente, na avaliação do desempenho hidráulico, estrutural, ambiental e até operacional dos sistemas e portanto contribuir para o diagnóstico sob diferentes pontos de vista.

No caso do diagnóstico ao **comportamento hidráulico** de um sistema ou subsistema as principais vias para obter informação são a monitorização temporária ou permanente de precipitação, caudal, nível ou velocidade, em locais relevantes, e a modelação matemática do comportamento hidráulico do sistema ou subsistemas.

A inspecção permite recolher dados úteis para a modelação matemática nomeadamente anomalias associadas a problemas hidráulicos, identificação de locais onde ocorrem descargas de águas residuais sem tratamento adequado e onde haja evidência de entrada em carga. Adicionalmente, permite obter dados necessários a outros fins como seja o complemento e correcção do cadastro, entre outros.

Do ponto de vista do **diagnóstico ambiental** de sistemas, a inspecção visual permite a identificação de anomalias relevantes como sejam:

- locais onde existem colectores de descarga de caudais com águas residuais domésticas para os meios receptores;
- ligações indevidas de águas residuais a colectores pluviais;
- ligações indevidas de caudais residuais industriais;
- identificação de ocorrência de exfiltração de caudais contendo águas residuais domésticas ou industriais. A exfiltração pode resultar da falta de estanquidade dos componentes ou de obstruções que levam ao extravasamento do sistema.

Estas anomalias podem complementar os resultados de outros métodos de inspecção e até resultados de monitorização e modelação, ou permitir identificar a necessidade de proceder a outro tipo de estudos.

A inspecção visual permite ainda recolher dados para aferir a eficácia e eficiência operacional, contribuindo assim para o **diagnóstico operacional**. Este inclui a identificação e documentação dos procedimentos operacionais, dos programas de inspecção e dos planos de manutenção. Adicionalmente, é necessário proceder à análise da localização e frequência de ocorrência de incidentes operacionais (e.g. falha de estações elevatórias) e de outros incidentes (e.g. colapso de colectores, obstruções, inundações). Como resultado último, o diagnóstico operacional permitirá desenvolver planos de actividades de inspecção com base nos dados analisados.

O **diagnóstico estrutural** é porventura aquela actividade que mais directamente está associada à actividade de inspecção visual de componentes de sistemas urbanos de água. Neste tipo de diagnóstico pretende-se identificar as situações críticas, e.g. colectores críticos entendidos como aqueles que apresentam elevado risco de falha, quer em resultado da má

condição estrutural, quer por a falha ter associados danos potenciais elevados. Naturalmente que, em paralelo, importa constituir uma base de informação sobre a condição estrutural de todo o sistema, seja através de um programa de inspecções com uma abordagem selectiva, ou resultado da análise da informação existente inferindo quais as inspecções prioritárias a partir de características como a idade, localização, material, características dos solos, qualidade de construção, entre outros. Os resultados do diagnóstico estrutural podem também ser relevantes para a avaliação do desempenho hidráulico e ambiental.

A realização de inspecções permite a observação da **condição estrutural** de forma directa. Considerando que a infra-estrutura está continuamente sujeita a acções que provocam a sua deterioração, terá um desempenho decrescente com o tempo, como ilustrado na Figura 1, e supondo que inicialmente apresenta bom desempenho, só a partir de um determinado instante será possível detectar os sintomas associados a essa deterioração.

Dada a grande extensão das redes de colectores e de não ser prática comum em Portugal a existência de um plano de inspecção programada dos colectores, deve ser considerada, para a elaboração do diagnóstico estrutural de um sistema ou subsistema, toda a informação disponível de modo a sustentar a definição de um plano de inspecções de curto prazo, em troços prioritários, para sustentar o diagnóstico estrutural. Em certas situações, e.g. em colectores de elevada prioridade funcional ou cujo colapso tenha potencial para causar grandes consequências, poderá ser justificada a inspecção de toda a extensão de uma parte da rede de colectores.

O entendimento dos mecanismos de degradação, ou de falha, da infra-estrutura, com inspecções nos locais onde os factores de degradação são mais acentuados, revela-se eficaz para detectar as situações mais críticas, para estabelecer as prioridades de inspecção e para associar níveis de possibilidade de colapso. Esta abordagem pode ser aplicada de forma selectiva em função de, por exemplo, idade, material, dimensões dos colectores, características dos solos, qualidade de construção ou frequência de ocorrências de colapso (Almeida *et al.*, 2009).

A adopção de abordagens adequadas para registo e processamento da informação compilada nas inspecções e na monitorização é essencial para assegurar a qualidade dos resultados da avaliação do desempenho ou das actividades de diagnóstico.

### 3 - A NORMA EN 13508-2:2003+A1

A norma EN 13508-1:2010 – *Investigation and assessment of drain and sewer systems outside buildings - Part 1: General requirements* (CEN, 2010) estabelece os requisitos gerais para as fases de diagnóstico e avaliação do desempenho de sistemas públicos de águas residuais e pluviais. Numa inspecção, as observações devem ser feitas e registadas de forma tão exacta e explícita quanto possível. Especificamente aplicada à inspecção visual, a norma EN 13508-2:2003+A1 – *Investigation and assessment of drain and sewer systems outside buildings - Part 2: Visual inspection coding system* (CEN, 2011) descreve um sistema de codificação das observações que permite registar o estado interno dos componentes de sistemas de águas residuais e pluviais, nomeadamente dos colectores e das câmaras de visita e de outros componentes similares. A existência de um sistema de codificação europeu assegura que resultados em diferentes locais podem ser comparados e facilita a circulação de equipamentos e serviços. Os resultados das inspecções devem incluir (WRc, 2001):

- um relatório incluindo os dados das observações codificadas em formato tabular;
- um relatório em formato digital adequado, incluindo os pormenores e características das observações;

- os vídeos e fotografias registadas pelo operador.

No sistema de codificação proposto pela norma EN 13508-2:2003+A1 é registada informação geral sobre a inspecção (com um conjunto de códigos específico), existindo um conjunto de códigos aplicáveis a observações em colectores e outro conjunto de códigos aplicáveis a observações em câmaras de visita. Cada código pode ser caracterizado com os campos seguintes, conforme especificado na norma:

- Localização longitudinal – localização longitudinal da observação, relativamente a um referencial pré-definido;
- Caracterização 1 ou 2 – descrição pormenorizada da observação, podendo ser utilizado apenas um ou dois campos de caracterização;
- Quantificação 1 ou 2 – valores que permitem quantificar características específicas da observação, podendo não ser necessária quantificação ou ser utilizado um ou dois campos de quantificação;
- Localização circunferencial – usando uma ou duas referências tipo mostrador de relógio;
- Junta – indicação utilizada caso a observação esteja associada à junta;
- Referência fotográfica – referência de fotografias ou imagens de vídeo paradas referentes à observação;
- Referência de vídeo – identificação que permite localizar a observação num vídeo;
- Observações – qualquer informação adicional de interesse.

Na Figura 2 apresenta-se um exemplo de ficha de inspecção preenchida. Cada inspecção deve ser referente a apenas um troço entre câmaras de visita, devendo ser preenchidas o número de fichas de inspecção correspondente ao número de troços entre câmaras de visita inspeccionados (mesmo que sem observações). Nos registos é possível verificar que na observação 1 se registou uma fissura (BAB), aos 10.2 metros de inspecção. Trata-se de uma fissura superficial (Caracterização 1 – A), complexa (Caracterização 2 – C), e cuja localização circunferencial vai desde as 03:00 até às 06:00.

Entidade Contratante <b>AAM</b> SMAS de Oeiras e Amadora		Código do colector <b>AAA</b> 897998	
Designação do sistema de drenagem <b>AAP</b> Venteira		Data <b>ABF</b> 23-09-2010	
Local de inspecção (rua) <b>AAJ</b> Pçª Dona Filipa de Lencastre	Cidade ou Vila <b>AAN</b> Amadora	Distrito <b>AAO</b> Lisboa	Tipo de localização <b>AAL</b> A
Nó de início da inspecção <b>AAB</b> 897996	Profundidade do nó de início <b>ACH</b> (m) 1.94	Nó de fim da inspecção <b>AAF</b> 897997	Profundidade do nó de início <b>ACH</b> (m) 1.96
Tipo de colector <b>ACI</b> Doméstico	Direcção do escoamento <b>AAK</b> A	Altura <b>ACB</b> (m) 0.2	Forma <b>ACA</b> Circular

Registo de observações:

	Localização longitudinal	Código de Obs. Linear	Código de Observação	Caracterização		Quantificação		Localização circunferencial		Junta	Ref. Foto	Ref. Vídeo	Comentários
				1	2	1	2	1	2				
0	1.7		BAB	C	C	2		8	6		VENT010	00:00:40	
1	10.2		BAB	A	C	1		3	6		VENT045	00:02:12	
2	13.4		BCA	A	A			1	5		VENT060	00:02:56	
3	13.4		BAB	A	C	1		6	7		VENT061	00:03:40	

Figura 2 – Exemplo de ficha de registo de inspecção visual de um colector

Os resultados das inspecções devem ser fornecidos em formato compatível com a importação para sistemas de informação existentes na entidade gestora, sendo essencial que seja feito o fornecimento da codificação das observações em formato digital, para além dos suportes em papel e em vídeo. Na Figura 3 apresentam-se exemplos de codificação de observações em colectores.



Código	BAB
Caracterização 1	C
Caracterização 2	C
Quantificação 1	2
Quantificação 2	-
Localização circunferencial 1	08
Localização circunferencial 2	06
Junta	-
Comentários	-

(a) Exemplo do registo de uma observação do tipo BAB (fissura longitudinal)



Código	BAB
Caracterização 1	A
Caracterização 2	C
Quantificação 1	1
Quantificação 2	-
Localização circunferencial 1	03
Localização circunferencial 2	06
Junta	-
Comentários	-

(b) Exemplo do registo de uma observação do tipo BAB (fissura longitudinal)



Código	BCA
Caracterização 1	A
Caracterização 2	A
Quantificação 1	-
Quantificação 2	-
Localização circunferencial 1	01
Localização circunferencial 2	05
Junta	-
Comentários	-

(c) Exemplo do registo de uma observação do tipo BCA (ramal de ligação)

Figura 3 – Fichas de registo de inspecções visuais de colectores

#### 4 - PROBLEMAS COMUNS ASSOCIADOS ÀS INSPECÇÕES

As inspecções de colectores de sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais requerem bastante prática e conhecimento do equipamento utilizado durante a inspecção, conhecimento da norma e do procedimento de codificação e um conhecimento aprofundado relativo aos modos e mecanismos de falha dos colectores. Dada a especificidade das actividades envolvidas na inspecção de colectores, é relativamente comum registarem-se várias dificuldades e problemas associados às inspecções de colectores. Estes problemas podem dividir-se, genericamente, em três tipos: (i) execução de inspecções; (ii) procedimento de codificação e (iii) interpretação de resultados.

##### *Alguns problemas associados à execução da inspecção*

- (i) Procedimentos inadequados de execução da inspecção, como sejam:
  - caudal demasiado elevado, com alturas de escoamento altas que não permitem observar grande parte da superfície do componente, não sendo possível identificar devidamente as anomalias;
  - Não execução de limpeza prévia, ou limpeza insuficiente, não sendo possível identificar devidamente as anomalias;
  - Execução de limpeza prévia quando a finalidade da inspecção seja a avaliação de deposição nos colectores.
- (ii) Equipamento utilizado com falta de qualidade ou características inadequadas ou limitativas (e.g. qualidade óptica da câmara, rotação da cabeça, ângulo da cabeça)
- (iii) Operação inadequada da câmara (e.g., velocidade demasiado elevada, movimentação da câmara sem ter a cabeça de filmagem devidamente orientada).

##### *Alguns problemas associados à codificação das observações*

A codificação das observações que resultam das inspecções é outro procedimento que requer formação específica e prática (Ertl and Spatzierer, 2002). A maioria dos problemas que podem ocorrer na etapa de codificação estão relacionados com:

- (i) a não utilização de um sistema de codificação adequado, ou utilizando codificação que não cumpra os critérios mínimos para um bom sistema de codificação, como seja o registo objectivo, individualizado de cada observação, com recurso a atributos padrão;
- (ii) a codificação de várias observações em conjunto (por exemplo, fissura, intrusão de raízes e infiltração), não permitindo o processamento sistemático ou automatizado de anomalias diferenciadas;
- (iii) lacunas de formação dos técnicos na utilização do sistema de codificação levando a registos incompletos ou incorrectos, e
- (iv) falha de registo de observações existentes, quer por a imagem ser deficiente, quer por falha do operador.

##### *Alguns problemas associados à avaliação das observações*

Podem ainda existir problemas de inspecção que derivem da incorrecta interpretação dos resultados de inspecção. Estes são, na maioria das vezes, relacionados com a avaliação incorrecta das observações feita por técnico sem qualificações adequadas, relatórios incompletos ou mal estruturados ou não disponibilização dos resultados em formato digital compatível com processamento automático posterior.

## 5 - BOAS PRÁTICAS EM INSPECÇÃO VISUAL DE COLECTORES E CÂMARAS DE VISITA

A execução das inspecções, a codificação das observações, o processamento dos resultados e a produção de relatórios deve seguir um conjunto de boas práticas que permitam assegurar a qualidade dos resultados e o cumprimento da regulamentação em termos de segurança e saúde no trabalho. Seguidamente, identificam-se algumas boas práticas que permitem minimizar os problemas identificados na secção anterior.

A selecção dos equipamentos e de serviços de inspecção deve ser feita de forma criteriosa de modo a assegurar a qualidade dos resultados e o cumprimento da regulamentação em termos de segurança e saúde no trabalho. Deve também ser assegurado que é utilizado um sistema de codificação adequado para o registo das observações para que a entidade gestora possa usar os resultados directamente para os fins previstos sem ter de proceder a re-codificação ou conversão entre diferentes sistemas de codificação.

Normalmente, deve ser efectuada a limpeza do componente previamente à execução da inspecção. Apenas nos casos em que, para o objectivo da inspecção, seja relevante a observação da ocorrência de depósitos e outros materiais removíveis pela limpeza não se deve proceder à limpeza prévia. Neste caso deverá ser registada a localização, dimensão e tipo de depósitos ou obstruções, bem como o volume de resíduos removidos nas operações de limpeza, conforme adequado.

No caso de inspecção com CCTV é necessário assegurar a qualidade das imagens e da execução da inspecção verificando aspectos, entre outros, como (WRc, 2001; NZWWA, 1999):

- qualidade da imagem (e.g., resolução), garantindo a focagem, preferencialmente a cores;
- sistema de iluminação eficaz, especialmente importante para maiores diâmetros;
- medição da distância longitudinal com exactidão aceitável (e.g. 2% ou 0.1 m);
- deslocação da câmara a velocidade constante, suficientemente lenta para permitir a observação da condição do componente, e com a câmara nivelada a apontar no sentido do deslocamento, ao longo do eixo do colector. A velocidade da câmara não deverá exceder 0,2 m.s-1, devendo ser menor para diâmetros inferiores a 300 mm;
- observações e anomalias devem ser visionadas com a câmara parada com recurso à rotação da cabeça de filmagem, com imagem com boa visibilidade e com uma duração mínima de 5 a 10 segundos;
- o colector deve ser objecto de limpeza prévia à inspecção, a menos que seja especificado em contrário e o escoamento deverá ser desviado ou ter uma altura de escoamento suficientemente baixa de modo a permitir observar devidamente o componente;
- a câmara deve estar conforme as especificações relativas à anti-deflagração de acordo com as características da atmosfera no espaço confinado.

Em qualquer destas tarefas é necessário acautelar as condições de segurança e saúde no trabalho, especialmente no caso de inspecção por pessoal em que é necessário precaver as condições para a entrada em espaços confinados. Assim, deve ser considerado o disposto na legislação, incluindo especificamente a Portaria n.º 762/2002, de 1 de Julho, relativa ao “Regulamento de segurança, higiene e saúde no trabalho na exploração dos sistemas públicos de distribuição de água e de drenagem de águas residuais”, e as regras de boa prática estabelecidas numa perspectiva preventiva e baseada em metodologias de gestão do risco. Estas incluem a definição clara da responsabilidade e coordenação, bem como das tarefas, aos vários níveis de actuação, o uso de equipamentos adequados, suficientes e bem mantidos, a

existência de protocolos de procedimentos, formação adequada dos técnicos, protocolos de emergência ou contingência, registo de incidentes e um plano de gestão do risco.

No Reino Unido foi proposta uma classificação dos espaços confinados em função dos perigos, factores de risco, complexidade dos trabalhos a executar e do local que se baseia numa abordagem de gestão do risco (WATER UK, 2008). Assim, os espaços confinados são classificados em quatro categorias (NC1 – menor risco, a NC4 – maior risco), sendo propostas acções específicas para cada nível.

## **6 - AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO ESTRUTURAL**

### **6.1 - METODOLOGIAS**

A avaliação da condição estrutural é parte essencial do diagnóstico estrutural sendo, normalmente, a avaliação estrutural baseada nos resultados de inspecção. Como referido anteriormente, a avaliação da condição estrutural serve para se identificarem situações críticas, e.g., colectores críticos entendidos como aqueles que apresentam elevado risco de falha, quer em resultado da má condição estrutural (elevada probabilidade de falha), quer por à falha estarem associados potenciais danos (ou consequências) elevados, ou uma combinação dos dois. Portanto, a avaliação da condição estrutural, neste contexto, é entendida não apenas como reflectindo a integridade estrutural dos componentes de um sistema, mas também incorporando as consequências da sua falha potencial.

Torna-se assim necessário adoptar uma metodologia que permita associar métricas de desempenho estrutural aos componentes do sistema de modo a constituir uma base de informação sobre a condição estrutural de todo o sistema.

O método de maior divulgação internacional e mais generalizado para se proceder à avaliação estrutural de colectores é o método recomendado por WRc (2001). Este método, inicialmente proposto na década de 1980, tem vindo a ser gradualmente melhorado. Actualmente, a abordagem pretende ser baseada em conceitos de avaliação do risco, ou seja, em que a selecção das prioridades de inspecção e de reabilitação é feita proporcionalmente ao risco de falha. Muitos outros métodos existentes internacionalmente baseiam-se nesta abordagem, como por exemplo o método proposto pela *National Association of Sewer Service Companies* (NASSCO) Americana em que foi desenvolvido um sistema alternativo de pontuação da condição dos colectores associado a um programa de certificação da avaliação dos colectores. Estes métodos pressupõem a existência de relação entre a condição de um componente do sistema e a sua probabilidade de falha. No entanto, a identificação dessa relação requiere um conhecimento empírico que por sua vez necessita de um vasto conjunto de observações.

No entanto, existem algumas dificuldades associadas à aplicação destes métodos de avaliação da condição dos sistemas e dos seus componentes (Gemora e Thornhill, 2011). Uma das principais dificuldades prende-se com a escassez de dados históricos; a maior parte dos colectores existentes ou ainda nunca foi inspeccionada ou a sua primeira inspecção ocorreu muitos anos depois da sua instalação. Este facto faz com que não existam dados em quantidade e qualidade suficiente para caracterizar as anomalias e a sua evolução temporal.

### **6.2 - MÉTODO WRC**

O método apresentado em WRc (2001) aponta para três critérios para se efectuar a selecção dos componentes para a preparação do programa de inspecção:

- consideração apenas das consequências da falha, que podem ser estimadas sem ser necessário proceder a inspecção, base para a classificação geral dos colectores em categorias: categoria A (colectores onde a falha tem consequências elevadas, com custos associados após falha pelo menos duas vezes superiores à sua reabilitação pré-falha); categoria B (colectores onde a falha tem menores consequências mas onde é desejável evitar o colapso); categoria C (os restantes, também designados como *non-critical*). Os colectores das categorias A e B são designados de *critical*.
- consideração da informação disponível sobre os factores que podem ser determinantes para a probabilidade de falha, pretendendo-se identificar os componentes que tenham maior probabilidade de falha (e.g., componentes a profundidade reduzida ou registos históricos de falhas frequentes);
- consideração conjunta das consequências da falha com a informação disponível sobre a probabilidade de falha, pretendendo-se assim seleccionar os componentes com maior risco de falha.

De acordo com a recomendação de WRc (2001), os colectores a incluir no plano de inspecção incluem todos os colectores seleccionados das categorias A e B, e os colectores da categoria C que sejam considerados como colectores de ligação entre os das categorias anteriores.

Depois de seleccionados os colectores a inspecionar, e no seguimento da inspecção e registo das observações, o método WRc permite o processamento destas observações codificadas com base na norma EN 13 508-2:2003+1 para determinar a condição estrutural de cada um dos colectores inspecionados. A condição estrutural permite também, de acordo com este método, estimar a probabilidade de colapso de cada um dos colectores inspecionados com base na sua condição estrutural.

Informação adicional pode ser considerada para ter em conta outros factores influentes ou mesmo determinantes na deterioração dos colectores. Esta informação inclui dados sobre o tipo de solo circundante e método de construção, frequência de entrada em carga, nível freático, histórico de problemas de manutenção ou de falhas, qualidade da construção, inclinação do colector, tráfego de veículos pesados sobre colectores a profundidades inferiores a 1 m, evidência específica de deterioração (com base em inspecções anteriores) e subsidência activa.

O nível de desempenho em termos da condição estrutural pode então ser determinado a partir do nível de condição estrutural interna, agravado ou não consoante as condições especificadas pela informação adicional (e.g., colector com entrada em carga frequente).

A fase final desta abordagem é a avaliação do risco de falha que se pode associar a uma prioridade de intervenção. Neste caso, segundo WRc (2001), o risco é definido pelo produto da probabilidade de ocorrência (expresso através do nível de desempenho em termos da condição estrutural) pela consequência da ocorrência (derivado da categoria do colector, A, B ou C). Para colectores da mesma categoria, o estabelecimento de prioridades de intervenção pode ser feito com base em factores de custo.

### **Determinação da condição estrutural e da probabilidade de colapso associada**

O método WRc, utilizado para a determinação da condição estrutural dos colectores, baseia-se num sistema de pontuação (de origem experimental ou empírica). Este sistema de pontuação resulta de um conjunto vasto de inspecções que levaram a concluir que observações de um determinado tipo, registadas em diferentes bacias, indicam condições estruturais semelhantes. Assim, às observações relevantes para a condição estrutural dos colectores,

codificadas com base na norma EN 13 508-2:2003, é atribuída determinada pontuação, por exemplo, 10 pontos para uma fissura longitudinal. A pontuação total para cada colector inspeccionado é calculada com base na soma das pontuações associadas a cada um dos códigos das observações. A pontuação total é depois convertida em classes de condição estrutural e, conseqüentemente, em classes de probabilidade de colapso, de acordo com o Quadro 1. Este procedimento é apresentado genericamente na Figura 4.

Quadro 1 – Relação entre condição estrutural, pontuação WRc e probabilidade de colapso

Condição estrutural	Pontuação (WRc)	Probabilidade de colapso
1	<10	Boa condição estrutural
2	10 – 39	Probabilidade de colapso mínima
3	40 – 79	Colapso improvável num futuro próximo
4	80 – 164	Colapso provável num futuro próximo
5	≥ 165	Colapsado ou colapso eminente

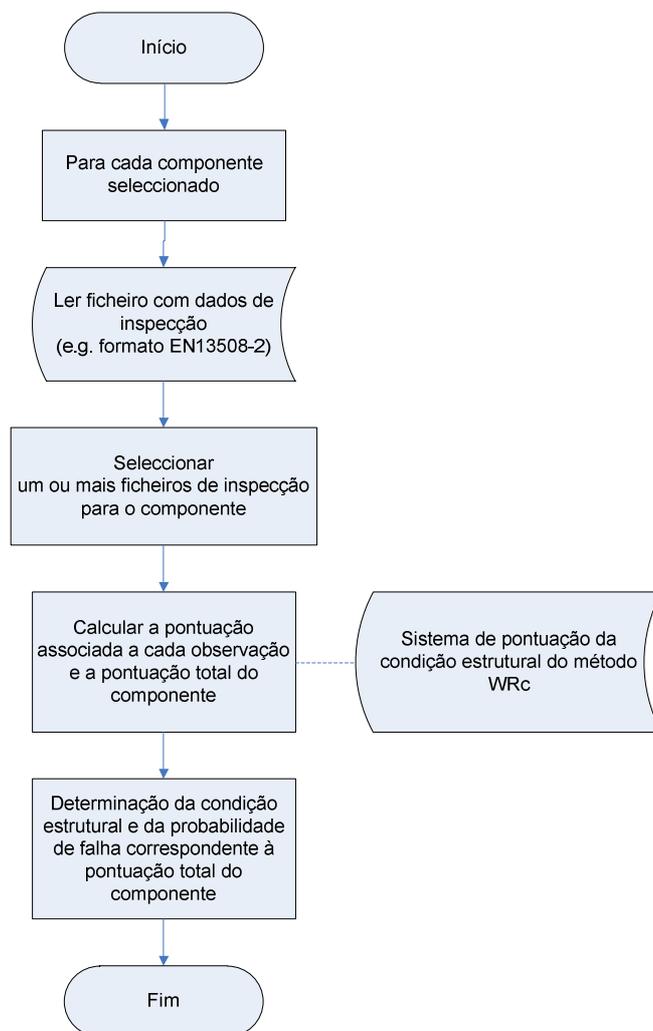


Figura 4 – Procedimento genérico para determinação da condição estrutural e probabilidade de falha de um colector

### 6.3 - EXEMPLO DE RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO WRC

A fim de ilustrar os resultados da aplicação do método atrás descrito apresentam-se seguidamente exemplos de resultados da determinação da condição estrutural dos colectores com base no método WRc. Na Figura 5 são apresentados quatro colectores nos quais foram realizadas inspeções CCTV. Em alguns casos não foi realizada inspeção CCTV em toda a extensão dos colectores. Nestes casos, não é possível atribuir o nível de condição estrutural, nem a probabilidade de colapso associada.

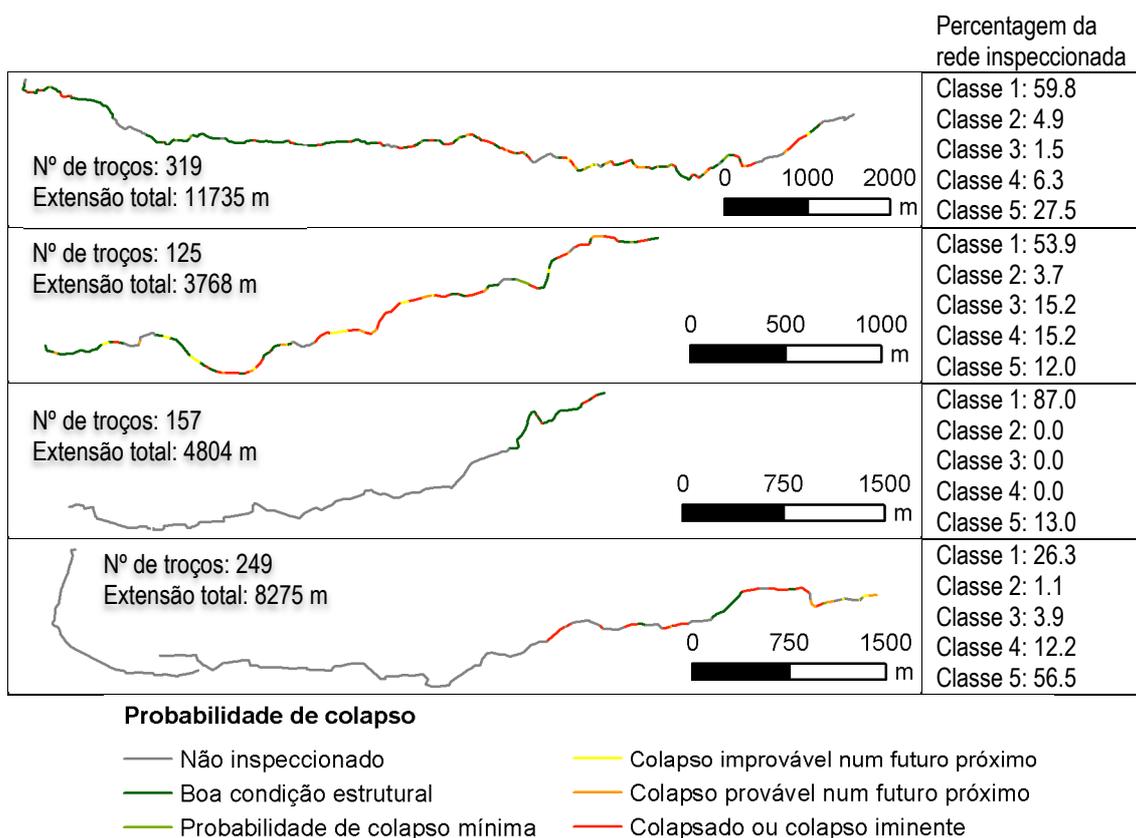


Figura 5 – Condição estrutural e probabilidade de colapso de colectores

Na Figura 5 são também apresentadas as percentagens de comprimento de colector associado a cada uma das classes de condição estrutural. Com base nestes resultados são facilmente identificados os casos que requerem atenção mais imediata com base nas classes 4 e 5, por exemplo. A extensão em cada classe permite avaliar a extensão global que requer intervenções de reabilitação, com diferentes níveis de prioridade, informação esta que é de grande relevância para o estabelecimento de um plano de reabilitação eficaz.

O método WRc é aplicado a cada colector individualmente, sendo o colector definido entre duas câmaras de visita. Este facto cria alguns problemas em relação à aplicação do método, pois o comprimento dos colectores pode variar significativamente. Uma das possibilidades para evitar este problema seria considerar um sistema de pontuação adaptado a um comprimento fixo e pré-definido (por exemplo, 1, 5 ou 10m). Neste caso, a condição estrutural seria definida para cada trecho do colector e a condição estrutural do colector seria definida com o valor máximo, i.e. o pior valor, de condição estrutural, de entre os vários trechos do colector em análise.

## 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão patrimonial de infra-estruturas é essencial para assegurar a sustentabilidade dos sistemas urbanos de água (Almeida e Cardoso, 2010). As actividades de reabilitação e manutenção integram-se nas estratégias de gestão patrimonial de infra-estruturas, sendo a inspecção visual de componentes dos sistemas uma ferramenta de suporte à gestão desses sistemas, as quais permitem actuar preventivamente de forma a detectar antecipadamente as situações críticas, desde logo actuando de modo a evitar situações de elevado risco (e.g. colapso).

A detecção de situações em que ocorre grande deterioração do desempenho dos componentes e sistemas é necessária para reduzir o número de falhas, o nível de risco associado à falha e portanto aumentar o desempenho e fiabilidade dos sistemas.

A execução de planos de inspecção adequados é essencial à concretização de uma actuação preventiva. O planeamento das actividades de inspecção destina-se assim a estabelecer quando, onde e como inspecionar.

Um dos resultados práticos das inspecções visuais a componentes de sistemas urbanos de água é a avaliação da condição estrutural dos colectores de sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais e conseqüente atribuição de uma probabilidade de falha, entendida neste contexto como colapso do colector. O registo das observações obtidas através das inspecções visuais é um passo crítico no processo da avaliação da condição estrutural. Neste artigo apresentou-se a aplicação da norma EN 13 508-2:2003 ao registo das observações, exemplificando-se a forma de codificação proposta pela norma. Não obstante apresentar algumas limitações, o método WRc é considerado um método expedito de grande utilidade para a avaliação da condição estrutural de colectores e câmaras de visita de sistemas de drenagem urbanos.

Em resumo, é essencial que as inspecções de componentes de sistemas urbanos de água sejam realizadas de forma cuidada, atendendo às boas práticas, algumas apresentadas neste artigo. Importa obter resultados mais fiáveis das inspecções, não só numa perspectiva de optimização de recursos mas também para sustentar o desenvolvimento de planos de reabilitação adequados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. C., FERNANDES, F., CHARNECA, N., DAVID, M. C. (2009). Rehabilitation of a large sewer: methodology for the Alcântara interceptor sewer. Em: ALEGRE, H. e ALMEIDA, M.C. (Eds.) *Strategic asset management of water supply and wastewater infrastructures* (ISBN 184-339-1864, pp. 299-311). Londres, Reino Unido: IWA Publishing.

ALMEIDA, M.C., CARDOSO, M.A. (2010). *Gestão Patrimonial de Infra-Estruturas de Águas Residuais e Pluviais. Uma abordagem centrada na reabilitação*. Série Guias Técnicos, Vol. 17, ERSAR e LNEC ISBN 978-989-8360-05-2 (337 p.).

CEN (2010). *EN 13508-1:2010 – Investigation and assessment of drain and sewer systems outside buildings - Part 1: General requirements*. Brussels, European Committee for Standardization.

CEN (2011). *EN 13508-2:2003+A1 – Investigation and assessment of drain and sewer systems outside buildings - Part 2: Visual inspection coding system*. Brussels, European Committee for Standardization.

ERTL, T., SPATZIERER, G. (2002). Professional Training and Retraining of Sewer Maintenance Personnel in Austria. Em ASHLEY, R., SAUL, A., BLANKSBY, J., CASHMAN, A. (Eds.), *International Conference on Sewer Operation and Maintenance*, Bradford, Reino Unido

FEENEY, C.S., THAYER, S., BONOMO, M., MARTEL, K. (2009). *White paper on Condition assessment of wastewater collection systems*. EPA report EPA/600/R-09/049. EUA.

GEMORA, I., THORNHILL, R. (2011). *NASSCO'S PACP/MACP Overview*. National Association of Sewer Service Companies. Apresentação Powerpoint. [http://www.nassco.org/training\\_edu/pdfs/pacp-macp\\_overview.pdf](http://www.nassco.org/training_edu/pdfs/pacp-macp_overview.pdf) (15 Julho 2011).

KOO, D., ARIARATNAM, S.T. (2006). Innovative method for assessment of underground sewer pipe condition. *Automation in construction*, 15, pp. 479-488.

NZWWA (1999). *New Zealand pipe inspection manual*. New Zealand Water and Wastes Association, 2<sup>nd</sup> edition.

URQUHART, T. (2006). Incorporating Condition Assessment into a Comprehensive Asset Management Program. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 51(60), pp. 4198-4206(9)

WATER UK (2008). The classification & Management of Confined Space Entries. Edition 2.1. Water UK Occasional Guidance. Industry Guidance (<http://www.water.org.uk/home/policy/reports/health-and-safety/confined-spaces-entries-ogn/confined-space-update-ed-2-1-oct2008.pdf>, Março 2009).

WRc (2001). *Sewer rehabilitation manual*. 4<sup>th</sup> Edition. UK, Water Research Council Publications.