

# GESTÃO E REMODELAÇÃO DE PÓRTICOS DE SINALIZAÇÃO

Tiago Mendonça<sup>1</sup>, Vítor Brito<sup>2</sup> e Manuel Almeida<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Betar Consultores, Lda, Av. Elias Garcia, 53, 2º Esq., 1000-148 Lisboa, Portugal

email: [tmendonca@betar.pt](mailto:tmendonca@betar.pt) <http://www.betar.pt>

<sup>2,3</sup>Betar Consultores, Lda, Av. Elias Garcia, 53, 2º Esq., 1000-148 Lisboa, Portugal

---

## Sumário

Neste artigo é apresentado um trabalho experimental sobre os estados de conservação e manutenção de pórticos e semi-pórticos de sinalização em Portugal, no qual foi realizada uma extensiva campanha de inspeção (cerca de 1500 estruturas). De acordo com os resultados obtidos, aproximadamente 35% das estruturas de sinalização apresentam níveis de conservação insuficiente, exigindo trabalhos de reparação prioritários. As anomalias críticas registadas foram a falta de aperto/ausência de elementos de fixação, geometria inadequada do sistema de ligações e o colapso estrutural das chapas e perfis de aço. Foi ainda realizado um trabalho de inventário, o qual possibilitou a realização da verificação estrutural de aproximadamente 80% das estruturas inspeccionadas. Com base na análise estrutural realizada, verificou-se que uma parte significativa dos pórticos e semi-pórticos de sinalização apresenta necessidade de reforço ou de substituição integral e que, consequentemente, este tipo de estruturas carece de ações de monitorização.

---

**Palavras-chave:** Pórticos e semi-pórticos de sinalização; Estruturas metálicas; Inspeção; Verificação da segurança estrutural.

## 1 INTRODUÇÃO

Em Portugal, a gestão das estruturas rodoviárias foca-se essencialmente nos ativos mais importantes e valiosos, em particular nas pontes e estradas. Este tipo de sistema de gestão de ativos é também usado em muitos outros países. Em oposição, a gestão das estruturas de sinalização em Portugal tem sido feita de forma reativa, apresentando um nível insuficiente de sistematização dos dados e sistemas precários de gestão de ativos e de monitorização.

Atualmente, os pórticos e semi-pórticos de sinalização têm sido projetados tendo em consideração apenas a sua função e, em termos práticos, a instalação em obra é realizada de forma menos rigorosa. Adicionalmente, deve notar-se que a classificação das condições das estruturas de sinalização não é monitorizada de forma sistemática. Como consequência, foram recentemente reportados alguns colapsos estruturais de pórticos e semi-pórticos, os quais resultam do insuficiente estado de conservação e manutenção das estruturas e/ou da ação inesperada do vento.

Com o objetivo de evitar este tipo de problemas, foi realizada uma campanha extensa de inventário e inspeção, complementada pela verificação do dimensionamento estrutural. Neste artigo são apresentadas as principais conclusões relativamente aos estados de conservação e de manutenção em parte significativa das estruturas de sinalização existentes em Portugal.

Neste contexto, pode-se afirmar que a Betar possui um vasto conhecimento em estruturas de sinalização, apoiado por mais de dez anos de trabalhos de inspeção em Portugal e Espanha (mais de 2000 estruturas) e ainda uma experiência mais alargada em gestão de ativos. Neste contexto, salienta-se que o presente trabalho é baseado numa campanha de inspeção a 1500 pórticos e semi-pórticos, localizados em 14 diferentes estradas distribuídas ao longo de Portugal.

Primeiramente, é apresentada a metodologia utilizada nos trabalhos de inventariação, inspeção e verificação estrutural, realizando uma breve descrição dos procedimentos e das premissas adotadas. Em seguida, são analisados e discutidos os resultados mais relevantes obtidos na campanha de inspeção e na verificação estrutural

dos elementos inspecionados. Por fim, são apresentadas, de forma resumida, as principais conclusões relativas ao trabalho descrito neste artigo.

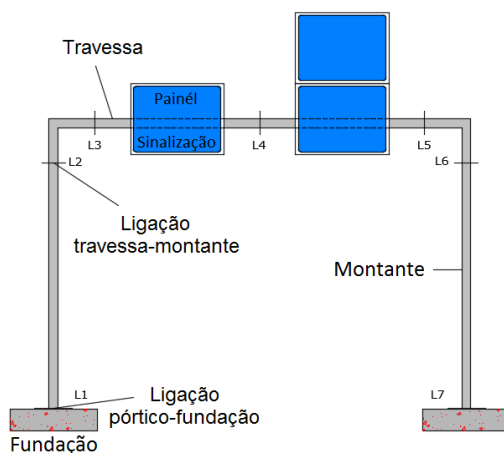
## 2 Metodologia

### 2.1 Inventário

Conforme referido, antes de realizar esta campanha de inspeções, as informações sobre as principais características das estruturas de sinalização em estradas ou autoestradas em Portugal, tais como as dimensões gerais e as propriedades dos materiais, eram escassas ou inexistentes. Com o objetivo de analisar e verificar a segurança estrutural dos pórticos e semi-pórticos existentes, foi desenvolvido um extenso trabalho experimental, no qual foi realizado um inventário das estruturas inspecionadas. Nesta campanha de inspeções, foram avaliadas as seguintes características:

- Estruturas de aço (em particular, o tipo de estrutura, dimensões gerais e propriedades do material);
- Painéis de sinalização (nomeadamente, número, dimensões e sistemas de ligações);
- Tipo de fundação (por exemplo, a sua geometria).

Com o intuito de sistematizar as informações recolhidas no processo de inventariação, os pórticos e semi-pórticos foram divididos nos seguintes componentes: fundação, travessa, montante, ligações do pórtico/semi-pórtico, painéis de sinalização, ligação travessa-painéis de sinalização, escada/passadiço e outros. Na Figura 1 são ilustrados os componentes da estrutura de sinalização considerados na realização de inventário, bem como nos trabalhos de inspeção e verificação estrutural.



**Figura 1. Esquema dos componentes considerados em pórticos de sinalização.**

No decorrer do trabalho de inventário, foram encontradas várias limitações, nomeadamente, no que diz respeito à determinação das propriedades mecânicas dos materiais utilizados, as quais condicionam significativamente a verificação estrutural dos pórticos e semi-pórticos inspecionados. Em muitas estruturas, não foi possível determinar a classe estrutural dos perfis de aço (colunas e vigas), a classe estrutural dos elementos de fixação (parafusos, porcas, anilhas e chumbadouros) e as características da fundação (em particular, dimensões gerais e classe estrutural das armaduras e betão). Relativamente à espessura das paredes dos perfis (com seção tubular), esta foi determinada por meio de um medidor de espessuras ultrassónico.

Importa salientar que os dados recolhidos durante esta campanha de inventário foram fundamentais e essenciais para a realização da verificação estrutural dos pórticos e semi-pórticos de sinalização, uma vez que não existiam elementos de projeto estrutural disponíveis.

## 2.2 Inspeção

Em relação à campanha de inspeção, os principais objetivos foram a avaliação do comportamento estrutural e a determinação das anomalias mais relevantes, auxiliando na identificação dos pontos críticos de cada componente estrutural. O trabalho de inspeção visual realizado nos últimos dois anos foi particularmente importante, pois permitiu definir os trabalhos de manutenção e reparação a realizar de modo a garantir a durabilidade e a segurança estrutural dos diferentes componentes.

Com o objetivo de definir a classificação do Estado de Conservação (EC) dos pórticos e semi-pórticos, cada componente foi classificado assumindo uma escala de degradação, que varia entre 0 (muito bom) e 5 (extremamente mau). Em seguida, é feita uma breve descrição dos estados de conservação considerados.

- EC=0 – Estado de Conservação muito bom. Não há necessidade de realizar qualquer tipo de reparação.
- EC=1 – Estado de Conservação bom. Não há necessidade de realizar qualquer tipo de reparação, apesar dos pequenos defeitos observados.
- EC=2 – Estado de Conservação razoável. É necessário fazer algumas reparações (sem carácter prioritário), apresentando pequenos defeitos com ligeira influência na durabilidade e segurança estrutural.
- EC=3 – Estado de Conservação mau. É necessário realizar trabalhos de reparação específicos (num período entre 3 a 5 anos), apresentando defeitos relevantes com influência significativa na durabilidade e segurança estrutural.
- EC=4 – Estado de Conservação muito mau. É necessário realizar trabalhos de reparação com carácter prioritário (num período entre 1 e 2 anos), apresentando defeitos relevantes com influência significativa na durabilidade e segurança estrutural. Poderá ser proposto o desenvolvimento de um projeto de reparação específico.
- EC=5 – Estado de Conservação extremamente mau. É necessário executar o mais rápido possível os trabalhos de reparação (com prioridade extremamente alta), pois caso isso não aconteça pode estar comprometida a segurança dos utentes da via. Neste caso, é frequente propor-se o desenvolvimento de um projeto de reparação.

O trabalho de campo realizado permitiu determinar a classificação do estado de conservação para cada componente, bem como a classificação do estado de conservação global dos pórticos e semi-pórticos. Neste contexto, destaca-se a importância deste trabalho na gestão das estruturas de sinalização em estradas e autoestradas em Portugal, sendo particularmente relevante nos sistemas de gestão de ativos.

## 2.3 Verificação do dimensionamento estrutural

O procedimento de verificação adotado neste trabalho baseou-se no Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA) e nos Eurocódigos [1,2], tendo sido consideradas ações permanentes (peso próprio dos perfis, painéis de sinalização e fundações) e as ações variáveis (cargas impostas e a ação do vento).

Com base nos dados recolhidos durante a campanha de inventário, as cargas foram definidas e realizaram-se análises elásticas e plásticas para avaliar a segurança das estruturas de sinalização. Foram desenvolvidos modelos tridimensionais de elementos finitos utilizando o software comercial SAP2000 [3], nos quais foram usados elementos finitos de barra e de *shell*. Com base nos resultados numéricos obtidos, foram realizadas análises estruturais e foram propostas algumas intervenções (reparação/reforço), dependendo das necessidades estruturais de reforço.

Nesta verificação da segurança estrutural, a análise da estabilidade foi realizada considerando a rotura da fundação por derrubamento, deslizamento e capacidade resistente do solo. Em relação à estrutura metálica, foram realizadas análises elásticas e plásticas, a fim de garantir a segurança estrutural dos perfis e dos sistemas de ligações (em particular, das chapas de ligação, dos parafusos e dos chumbadouros).

Nos casos em que os pórticos/semi-pórticos inspecionados requerem significativas intervenções de reforço, foi proposta, em geral, a substituição da estrutura de sinalização existente e a elaboração de um novo projeto, após a

realização de uma análise económica. Neste contexto, deve-se realçar que o dimensionamento das novas estruturas foi realizado de acordo com a norma NP EN 206 1 [4] e com os Eurocódigos 1, 2 e 3 [2, 5].

### 3 Campanha de inspeção: resultados e discussão

Nesta campanha de inspeção, foram inspecionadas e inventariadas um total de 1479 estruturas de sinalização, em que 69% e 31% das estruturas correspondem a pórticos e a semi-pórticos, respetivamente. Como resultado do trabalho de campo realizado, foi feita uma análise dos dados recolhidos, em particular no que diz respeito à classificação do estado de conservação e aos tipos de anomalias encontrados.

#### 3.1 Estado de conservação (EC)

Na Figura 2 é apresentado estado de conservação global dos pórticos de sinalização inspecionados. Tendo em conta os resultados obtidos, pode-se afirmar que 55% das estruturas apresentam estados de conservação razoável (EC=2) ou mau (EC=3), enquanto que as restantes estão em muito mau (EC=4) ou extremamente mau (EC=5) estado de conservação (isto é, requerem trabalhos de reparação prioritários). Em relação ao estado de conservação global de semi-pórticos (Figura 3), verifica-se que 85% deste tipo de estruturas de sinalização se apresenta em bom (EC=1), razoável (EC=2) ou mau (EC=3), enquanto os restantes 15% se encontram em muito mau (EC=4) ou extremamente mau (EC=5) estado de conservação.

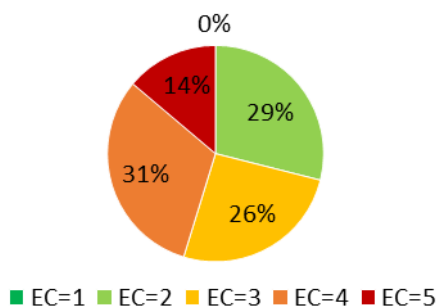


Figura 2. Estados de conservação global dos pórticos de sinalização.

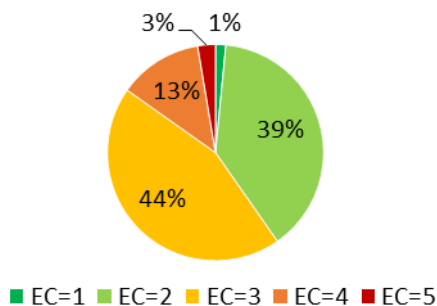
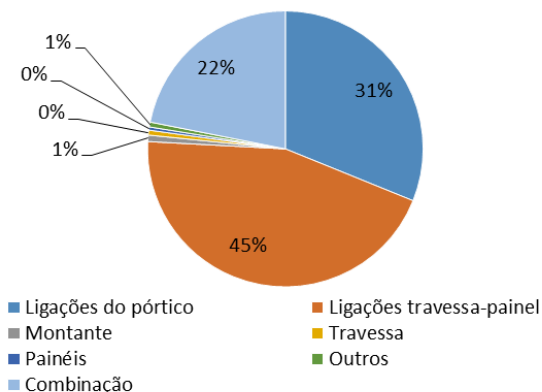


Figura 3. Estados de conservação global dos semi-pórticos de sinalização.

Analisando o estado de conservação de cada componente, conclui-se que de um modo geral o estado de conservação não requer trabalhos de reparação prioritários ( $EC \leq 3$ ), exceto no caso dos componentes “ligações do pórtico/semi-pórtico” e “ligação travessa-painel de sinalização”, onde foram registadas situações prioritárias ( $EC \geq 4$ ) em cerca de 20% das estruturas.

No que diz respeito aos pórticos e semi-pórticos que se encontram em mau estado de conservação global ( $EC \geq 4$ ), pode-se afirmar que as situações prioritárias foram identificadas nos componentes “ligações dos pórticos/semi-pórticos” (31%) e “ligação travessa-painel de sinalização” (45%), tal como se pode observar na Figura 4. Neste contexto, salienta-se ainda que em 22% dos casos em que o estado de conservação global é muito/extremamente mau ( $EC \geq 4$ ), o EC foi condicionado por dois ou três componentes em simultâneo.



**Figura 4. Componentes críticos nas estruturas de sinalização com estado de conservação global  $EC \geq 4$ .**

### 3.2 Tipos de anomalias observadas

Tendo em consideração as anomalias observadas durante a campanha de inspeção, os componentes que apresentam anomalias com maior frequência são: ligações do pórtico/semi-pórtico (39%), ligações travessa-painel de sinalização (14%), montante (7%) e travessa (7%). Salienta-se que estes resultados são concordantes com os apresentados anteriormente.

Com base nos dados recolhidos durante a campanha de inspeção, pode-se afirmar que foram identificados 76 diferentes tipos de anomalias. Neste contexto, é de realçar as anomalias mais comuns foram: (i) corrosão dos sistemas de fixação (Figura 5); (ii) corrosão das chapas e/ou perfis estruturais; (iii) exposição ou geometria incorreta de chumbadouros; (iv) acumulação de resíduos e sujidade; e (v) descasque da camada de proteção anticorrosiva.



**Figura 5. Corrosão do sistema de fixação.**

No que diz respeito às anomalias com maior relevância ao nível da segurança estrutural e da durabilidade, destacam-se as seguintes situações: (i) falta de aperto nos elementos de fixação (Figura 6(a)); (ii) geometria inadequada do sistema de ligações; (iii) ausência de elemento de fixação (Figura 6(b)); (iv) colapso estrutural de chapas e perfis de aço (Figura 6(c)); e (v) corrosão acentuada dos elementos de fixação. A Figura 6 ilustra algumas das situações acima descritas, as quais requerem intervenção imediata.



(a)



(b)



(c)

**Figura 6. Exemplos de anomalias críticas: (a) falta de aperto das fixações, (b) ausência de elemento de fixação e (c) colapso estrutural das chapas de aço.**

## 4 Verificação estrutural: resultados e discussão

Relativamente à verificação da segurança estrutural, o número de estruturas de sinalização analisadas foi 1222, o que corresponde a cerca de 83% dos pórticos/semi-pórticos inspecionados neste trabalho de campo.

### 4.1 Análise estrutural

Com base na análise estrutural realizada, pode-se afirmar que, em termos globais, os pórticos/semi-pórticos verificam a segurança estrutural em cerca de 44% dos casos, conforme ilustrado na Figura 7. Nesta verificação estrutural, assumiu-se que as estruturas de sinalização que necessitam de trabalhos de reparação simples, como por exemplo o preenchimento do espaço existente entre o montante e o plinto da fundação (Figura 8) ou a substituição dos elementos de fixação (aumentando a classe de resistência), seriam classificadas como seguras em termos estruturais.

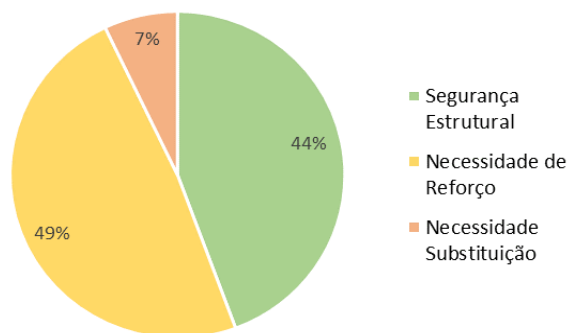


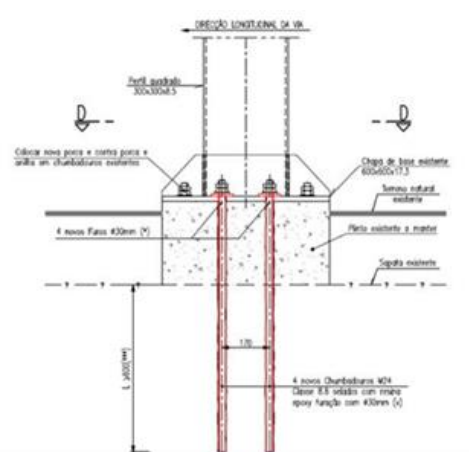
Figura 7. Resultados globais da verificação estrutural.



Figura 8. Espaço vazio existente na ligação entre o montante e o plinto da fundação.

Quanto às estruturas de sinalização em que não se verifica a segurança estrutural, em 49% dos casos foi proposta a execução de trabalhos de reforço, tendo a necessidade de reforço resultado tipicamente da insuficiente capacidade resistente das ligações dos pórticos/semi-pórticos. Com base na análise estrutural realizada, pode-se

afirmar que os trabalhos de reparação propostos ao nível dos sistemas de ligações (Figura 9) foram, em geral, o aumento do diâmetro e/ou do número de parafusos e da capacidade resistente das chapas das ligações através da soldadura de cutelos. A Figura 10 corresponde à ligação montante-fundação de uma estrutura de sinalização existente, a qual foi alvo de uma intervenção de reforço com o intuito de aumentar a capacidade resistente da ligação.



**Figura 9. Esquema ilustrativo do reforço estrutural proposto para a ligação do montante à sapata de fundação.**



**Figura 10. Reforço estrutural executado numa estrutural existente.**

Quando o reforço estrutural requer vários trabalhos de reparação e/ou estes são dispendiosos, após a realização de uma análise económica, propôs-se a substituição da estrutura de sinalização. De acordo com a verificação estrutural realizada, os pórticos/semi-pórticos propostos para serem substituídos correspondem a menos de 10% do total.

## 5 Conclusões e recomendações

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho reportado neste artigo, no qual foi realizada uma campanha de inspeção e verificada a segurança estrutural. Neste contexto, deve-se realçar a importância do trabalho desenvolvido, já que permitiu inspecionar e verificar a segurança estrutural de parte significativa dos pórticos e dos semi-pórticos em Portugal. Com base nos resultados obtidos, podem ser apresentadas as seguintes conclusões:

- Tendo em conta o estado de conservação global das estruturas inspecionadas, pode-se afirmar que cerca de 35% das estruturas apresentam estado de conservação muito mau (EC=4) ou extremamente mau (EC=5), necessitando de intervenções prioritárias.



- No que diz respeito às anomalias observadas, a maior incidência de anomalias (aproximadamente 40%) ocorre ao nível das ligações dos pórticos/semi-pórticos.
- Nesta campanha de inspeção, foram identificados mais de 75 diferentes tipos de anomalias, sendo a corrosão dos elementos de fixação a anomalia mais comum. Esta situação é consistente com o facto das ligações entre perfis e à fundação serem o componente mais afetado pela ocorrência de anomalias.
- De acordo com a verificação estrutural, mais de 50% das estruturas de sinalização apresentam necessidades de reforço estrutural ou, em alguns casos, de substituição. No entanto, estes resultados não correspondem a um risco imediato de colapso estrutural, uma vez que a ação crítica neste tipo de estruturas é vento e que esta raramente atinge os valores de projeto.
- As autoridades rodoviárias devem dar especial importância ao projeto dimensionamento e à instalação deste tipo de estruturas, aumentando o nível de detalhe do projeto.

Finalmente, deve-se salientar que os estados de conservação e manutenção dos pórticos e dos semi-pórticos (estruturas com dimensão relevante) devem ser monitorizados de forma sistemática, garantindo a manutenção periódica e a execução de trabalhos de reparação. Adicionalmente, com o objetivo de melhorar os sistemas de gestão de ativos, devem ser desenvolvidas estratégias que possibilitem melhorar o controlo de qualidade do ciclo de vida, a manutenção e a análise de risco estrutural deste tipo de ativos.

## 6 REFERÊNCIAS

1. Decreto-Lei nº235/83, *RSA. Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*, Lisboa, 1983.
2. Comité Europeu para a Normalização (CEN), *Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings*, 2010.
3. Computers & Structures, Inc, *commercial software SAP2000*.
4. NP EN 206-1, *Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade*, Lisboa, 2007.
5. Comité Europeu para a Normalização (CEN), *Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings*, 2010.