

A ENGENHARIA PORTUGUESA DE PONTES NOS ÚLTIMOS 25 ANOS

ARMANDO RITO

RESUMO

A partir de meados dos anos 80 a engenharia portuguesa de pontes foi desafiada a colaborar na rápida expansão da rede rodoviária nacional.

Para ilustrar a evolução da resposta a esse desafio, apresentaremos uma selecção, necessariamente sumária, de obras de alguns projectistas portugueses que marcaram os últimos 25 anos neste campo da engenharia.

1. INTRODUÇÃO

Com a rápida construção de uma moderna rede de comunicações por estrada, com Itinerários Principais, Itinerários Complementares e Auto-Estradas, e a renovação da rede existente, a engenharia de pontes em Portugal teve que enfrentar um enorme desafio que a levou a um excepcional desenvolvimento a partir de meados dos anos 80, à semelhança do que anteriormente, por motivos idênticos, se passara noutros países.

Assim, com este incremento da construção, foi dada aos engenheiros portugueses a oportunidade de conceberem e construírem alguns milhares de obras de arte e, consequentemente, de demonstrarem a sua grande capacidade de adaptação e iniciativa num campo que, até aí, estava reservado a alguns especialistas de renome. Verificou-se que se “saíram bem” do desafio, com obra feita que, nos casos mais significativos, iguala ou mesmo supera o que de melhor se tem feito no mundo.

Para dar um muito breve panorama do que têm sido os resultados dessa actividade e das capacidades da engenharia portuguesa nesse domínio, apresentaremos algumas obras que considerámos representativas da capacidade de realização dos nossos engenheiros

Dividimos as obras por tipos estruturais, já que cada tipo tem técnicas específicas e alguns deles exigem mais arrojo e iniciativa de quem as concebe e constrói.

Como a reabilitação de grandes obras começou, finalmente, a ser uma realidade em Portugal, apresentamos dois exemplos que mostram que, também aí, a nossa capacidade de adaptação e realização foi rápida e competente.

2. ALGUNS EXEMPLOS

2.1. Arcos

Numa ponte, o auge da forma estrutural é o arco. Quando adequadamente concebido, é a forma natural de suporte das cargas, transmitindo ao observador uma sensação de grande equilíbrio, graça e mesmo de poder.

A ponte da Arrábida, na foz do Douro foi concluída em 1962. Foi obra muito ousada para a época. O seu vão foi recorde mundial e no descimbramento utilizaram-se técnicas inovadoras.

O arco, com 270 m de vão e 44 m de flecha, é esbelto, simples e muito belo. A obra é funcional, as dimensões dos elementos estruturais são equilibradas e a sua distribuição é proporcionada conferindo à ponte grande transparência, harmonia e leveza e garantindo-lhe uma integração perfeita na foz do rio.

A ponte, que marcou uma época, envelheceu bem, passando sem esforço a prova do tempo e tornando-se uma estrutura emblemática e motivo de orgulho para a cidade do Porto (Fig. 1, 2). Foi projectada por Edgar Cardoso.

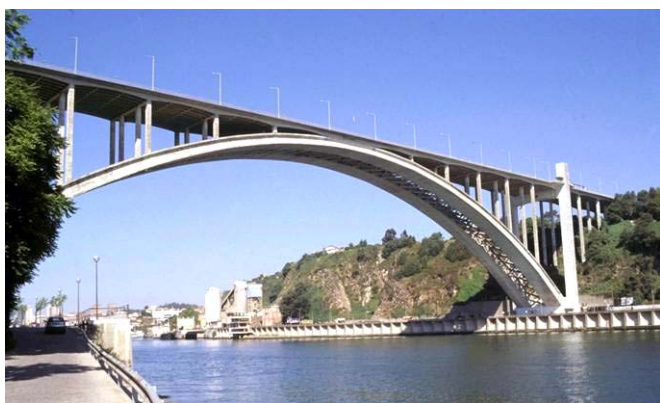


Fig. 1 - Ponte da Arrábida



Fig. 2 – Pormenor

Trinta anos depois, foram construídas duas novas pontes em arco. Uma, sobre o Zêzere em Vila de Rei, e a outra sobre o Douro, cerca de 2 km a montante da ponte da Arrábida.

A ponte do Zêzere, com 224 m de vão e 44 de flecha, é um arco clássico perfeitamente adaptado ao vale onde se encaixa (Fig. 3). A ponte do Infante, ligando o Porto a Gaia, é uma ponte invulgar, dotada de um arco poligonal muito esbelto de 280 m de vão e 25 m de flecha e de um tabuleiro em caixão funcionando como viga de rigidez (Fig. 4).

Construídas recorrendo a processos modernos, com a utilização de atirantamento em vez do clássico cimbrio, elas mostram bem a mestria da engenharia portuguesa neste domínio.



Fig. 3 - Ponte do Zêzere



Fig. 4 - Ponte do Infante

2.2. Vigas contínuas

Este tipo estrutural é o mais correntemente utilizado e a sua aplicação estende-se desde as correntes passagens superiores a viadutos com vários km de extensão.

Em 1981 foi concluída a construção da ponte de Álvaro sobre o Zêzere, na albufeira do Cabril. Esta obra e as duas que, imediatamente, se lhe seguiram (ponte de Unhais também na albufeira do Cabril e viaduto de Antuã na A1), viriam, nos anos seguintes, a marcar a concepção das obras em viga contínua em Portugal (Fig. 5,6).



Fig. 5 - Ponte de Álvaro na EN 344



Fig. 6 - Viaduto de Antuã na A1

A sua divulgação nos encontros de pré-esforço, levou ao abandono da concepção tradicional de tabuleiros com quatro ou mais vigas pouco afastadas entre si, para se utilizarem apenas duas vigas em tabuleiros com larguras que chegam até aos 20 m e vãos que rondam os 50 m.

A sua aceitação foi geral, sendo actualmente a estrutura de eleição na construção tramo a tramo em todas as estradas nacionais e Auto-Estradas (Fig. 7, 8, 27). Devido à sua divulgação pelo GPBE nos encontros da **FIP** e **fib** está também a ser utilizada noutros países.



Fig. 7 - Viaduto do Arunca na A1



Fig. 8 - Viaduto do Labriosque na A3



Fig 9 - Pilares do Labriosque

A função deve ditar o “desenho” da obra e, durante a pesquisa da melhor solução estrutural, uma preocupação fundamental é pensar no método construtivo e nos equipamentos a adoptar. É pois uma boa oportunidade para juntar funcionalidade e estética já que solução adoptada impõe a utilização de determinadas formas geométricas, nomeadamente nos pilares. Assim, podem-se obter formas que juntem funcionalidade, simplicidade e economia. Por exemplo, no viaduto do Labriosque na A3, tendo sido adoptados tabuleiros de duas vigas a construir tramo a tramo com cimbra inferior auto-lançável, foi logo incorporada na forma dos coroamentos dos pilares essa funcionalidade de forma a evitar desnecessárias alterações e adaptações para a construção (Fig. 9, 10 e 11).

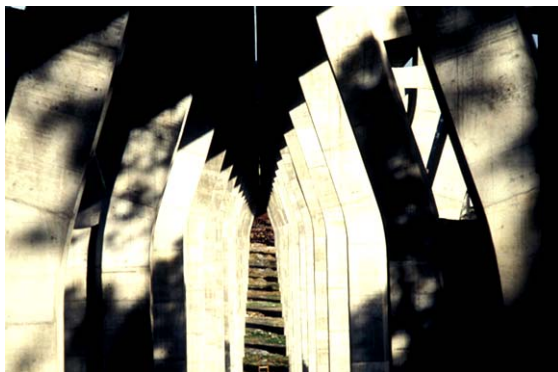


Fig. 10 - Pilares do Labriosque



Fig 11 - Coroamentos dos Pilares

2.3. Obras construídas por avanços em consola

Devido aos progressos tecnológicos e a razões de ordem económica, as pontes construídas por avanços tomaram, em geral, o lugar das pontes em arco para vãos que vão, por vezes, até valores acima dos 200 m.

Em 1983 foi concluída a construção da ponte de Fagilde sobre o Dão, tendo sido o primeiro deste tipo obras com projecto português. Tal como no caso da ponte de Álvaro, a sua divulgação e a das duas que imediatamente se lhe seguiram (pontes do Tua e do Cabril no Alto Lindoso), viria, nos anos seguintes, a influenciar a concepção deste tipo de pontes (Fig. 12, 13).



Fig. 12 - Ponte de Fagilde, IP5



Fig. 13 - Ponte do Cabril, EN 304-1

Nos exemplos que se seguem, construídos nos últimos dez anos em Portugal, pode-se apreciar onde chegou o apuro conceptual e técnico dos nossos engenheiros, o cuidado por eles posto na integração das obras no seu meio envolvente, em que integração não significa perda de visibilidade, e na forma de tratar as questões estéticas. Estes exemplos mostram como uma boa concepção estrutural pode combinar a forma e a função, a integração no meio ambiente e a economia e atingir, assim, uma alta qualidade estética e um grande valor social.

A ponte ferroviária de S. João, a cerca de 2 km a montante da ponte da Arrábida, concluída em 1991 e, tal como esta, projectada pelo Prof. Edgar Cardoso, é um pórtico pré-esforçado de vãos múltiplos, com um vão principal de 250 metros que é recorde mundial em pontes ferroviárias. A nova ponte, que substituiu a ponte D.^a Maria, fica muito próxima desta, e as questões de integração eram, pois, particularmente exigentes. Edgar Cardoso, recorrendo a uma concepção estrutural moderna, construiu uma obra poderosa em viga caixão, de vão muito amplo, criando um forte contraste com a estrutura ligeira da ponte antiga e, assim, autonomizou a sua obra sem, em nada, diminuir aquela.

Note-se o desenho elaborado da forma dos pilares, como eles se combinam bem com o

imponente tabuleiro, como a sua forma explicita claramente a sua função e como a ponte se lança através do profundo vale do Douro (Fig. 14, 15).

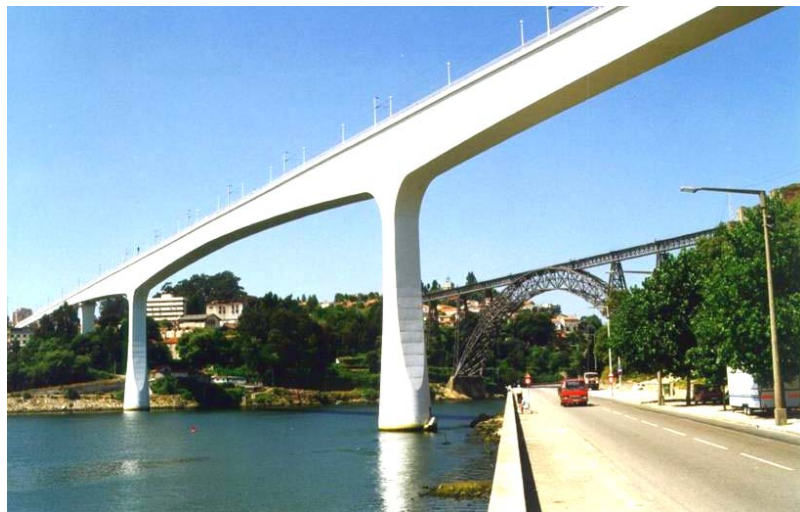


Fig. 14 - Ponte S. João no Porto



Fig. 15 - Pilares

O IP3, actualmente em construção, atravessa, num dos seus lanços, o cenário impressionante do Douro em zona de vinhedos de espectacular e rara beleza. Aqui, em cerca de 10 km de via, foram construídas quatro grandes pontes.

Duas delas foram concluídas em 1998 (Varosa e Balsemão), outra em fins de 1997 (Miguel Torga sobre o Douro na Régua) e a quarta no princípio de 2004 (Corgo).

A ponte da Régua tem 11 tramos, 900 m de comprimento, 25,7 m de largura, um vão principal de 180 m, está inserida numa apertada curva em planta com 500 m de raio e cruza o vale a uma altura máxima de 94 m. O tabuleiro é constituído por um só caixão, unicelular, contínuo, betonado “in-situ” (Fig. 16 a 20).

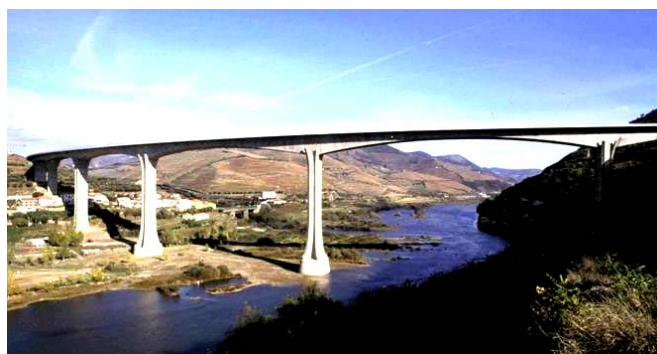


Fig. 16 - IP3, Ponte da Régua vista de jusante

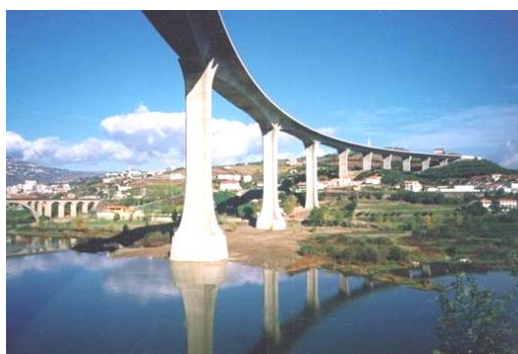


Fig. 17 - Vista da margem esquerda

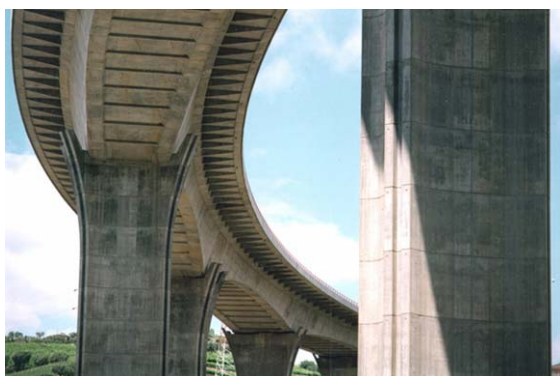


Fig. 18 - Faces inferiores do tabuleiro



Fig 19 - Pilares principais



Fig. 20 Pilares

Estruturalmente é uma obra muito avançada, sendo poucas as obras monocaixão com esta largura e, por essa razão, única nas condições de curvatura em que se insere.

As pontes do Varosa e do Balsemão têm, cada uma, dois tabuleiros paralelos de seis tramos com 460 m de comprimento, vãos correntes de 100 m e cruzam os respectivos vales a alturas que atingem os 120 m. Os pilares têm a altura máxima de 85 m (Fig. 21, 22).

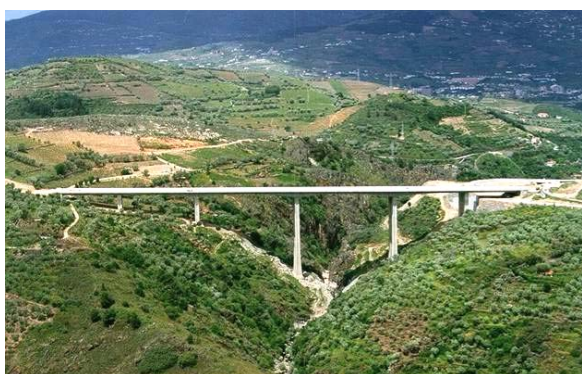


Fig. 21 - IP3, Ponte do Varosa



Fig. 22 - IP3, Ponte do Balsemão

A ponte do Corgo tem dois tabuleiros paralelos afastados de 6 m, um comprimento de 625 m e atravessa o vale a 80 m de altura. Cada um dos tabuleiros, com 5 tramos, é uma viga caixa com tramos correntes de 145 m. Os pilares têm a altura máxima de 70 m (Fig. 23, 24).



Fig. 23 - IP3, Ponte do Corgo



Fig. 24 - IP3, Ponte do Corgo

A ponte do Zêzere é uma obra notável, com formas muito depuradas e conseguidas dadas as linhas esbeltas adoptadas para o tabuleiro e os pilares. A ponte, com 5 tramos, tem um tabuleiro em viga caixão com 15,5 m de largura, um vão central de 180 m, um comprimento de 480 m, pilares de 90 m e atravessa o vale a 150 m de altura (Fig. 25, 26).



Fig. 25 - Ponte do Zêzere, no IC8



Fig. 26 - Ponte do Zêzere

Outra obra, realizada nos últimos 10 anos, é a ponte do Sado na A2, a qual atravessa um vale plano a altura moderada e o rio com um único vão e que foi objecto de concurso concepção/construção com prazo de execução excepcionalmente curto.

Aqui, a conjugação dos dois tipos estruturais anteriores foi a solução adequada: uma viga contínua para a planura e uma viga caixão para o rio. As fundações são indirectas a uma profundidade média de 50 m. Os tabuleiros da ponte têm três tramos, com 302 m de comprimento e tramo central de 135 m. Cada viaduto de acesso tem 1452 m de comprimento.



Fig. 27 - Ponte do Sado, na A2



Fig. 28 - Ponte do Sado, na A2

A estrutura do lado Este foi executada em 6 meses. A obra ficou concluída em cerca de um ano. Ficou patente a capacidade da nossa engenharia para conceber e construir, em condições difíceis e sem concessões de qualidade, uma obra desta dimensão em tão curto prazo.



Fig. 29 - Pilares da ponte



Fig. 30 - Vigas de bordadura

Nas Figuras 27 a 30 pode-se observar o cuidado posto no tratamento estético desta obra em que se procurou atingir grande unidade estrutural e boa integração no vasto arrozal que a envolve.

2.4. Pontes de tirantes

Onde os condicionamentos locais aconselham a utilização de vãos entre os 200 m e os 1000 m, ou em obras emblemáticas, as pontes de tirantes são, em geral, a escolha mais acertada já que esteticamente é uma solução muito conseguida devido à clara visibilidade e instintiva compreensão do seu sistema estrutural. A esbeltez do tabuleiro e das torres e a tenuidade da teia criada pelo sistema de atirantamento, conferem a estas estruturas, quando bem concebidas, uma leveza inultrapassável.

Tal como nos casos anteriores, os engenheiros portugueses mostraram que o seu domínio sobre este tipo de obras é total. Apresentam-se, de seguida, alguns exemplos.

A ponte da Figueira da Foz, projectada por Edgar Cardoso e concluída em 1984, foi a primeira ponte de tirantes moderna projectada e construída em Portugal tendo, também ela, marcado uma época (Fig. 31, 32).



Fig. 31 - Ponte da Figueira – vista geral



Fig. 32 - Torre da margem Norte

É uma obra com um atirantamento esparsa, clássica, mas que, ainda hoje, é por vezes utilizado em tabuleiros metálicos ou mistos. Tem um comprimento de 405 m na zona atirantada, dois viadutos de acesso com 630 e 315 m, largura de 20 m e torres de 90 m.

Cerca de vinte anos depois, em 1991, foram concluídas as pontes do Arade e do Guadiana.

A ponte do Arade tem um tabuleiro contínuo de betão com 850 m de comprimento. A parte atirantada é inteiramente suspensa, com pontos de apoio apenas nos pilares de transição onde os viadutos de acesso dão continuidade à ponte. (Fig. 33, 34). O tabuleiro, muito esbelto, com 1,40 m de altura, é visualmente idêntico nas zonas em ponte e em viaduto. Desenvolve-se numa suave curva vertical, suspenso de torres de altura moderada através de tirantes brancos.

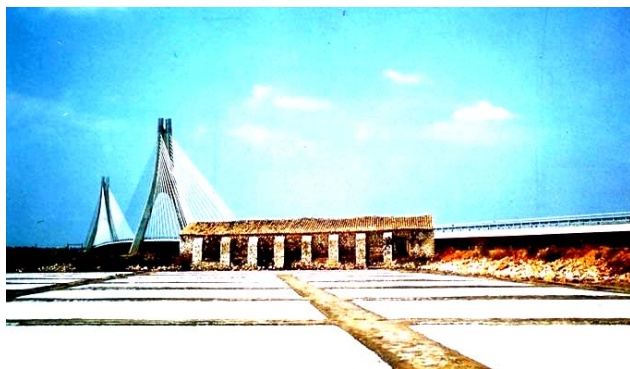


Fig. 33 - Arade – Vista da margem esquerda



Fig. 34 - Torres

As linhas de ancoragem, combinadas com a cor branca dos tirantes e a forma das torres, permitiram criar, para o sistema de suspensão, superfícies com a aparência de velas enfunadas.

A ponte do Guadiana têm 666 m de comprimento, um vão central de 324, um tabuleiro em caixão com 18 m de largura e 2,5 m de altura. As torres têm 96 m de altura.

A obra tem grande pureza formal e o seu aspecto ascético insere-se perfeitamente na paisagem árida e rochosa circundante (Fig. 35, 36).



Fig. 35 - Ponte do Guadiana



Fig. 36 - Torres

A ponte Vasco da Gama foi projectada por um Consórcio constituído por projectistas portugueses, franceses e ingleses. A participação portuguesa foi fundamental na definição das soluções estruturais e no desenvolvimento do projecto, tendo conquistado o reconhecimento dos colegas estrangeiros.

A obra tem 12300 m de extensão dos quais 1160 m pertencem aos 2 viadutos da margem Norte, 830 m à ponte, 6531 m ao viaduto central e 3825 ao viaduto Sul. A ponte, de suspensão total como a do Arade que serviu de base para a sua concepção, tem um tramo central de 420 m. As fundações são indirectas e chegam a atingir os 95 m de profundidade.

A obra demorou cerca de três anos a construir e foi inaugurada em Março de 1998 (Fig. 37, 38).



Fig. 37 - Ponte Vasco da Gama em Lisboa

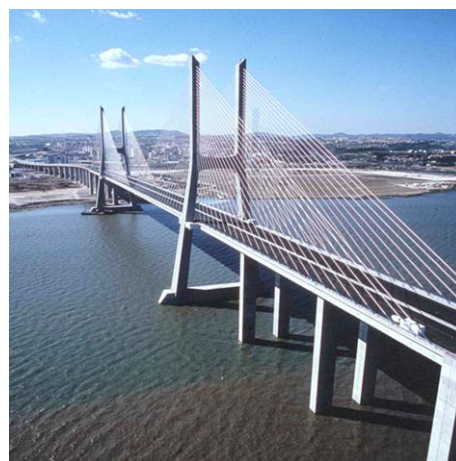


Fig. 38 - Ponte Vasco da Gama

A ponte Salgueiro Maia, concluída em 2000, tem 570m, um vão principal de 246 m, e é de atirantamento central. O tabuleiro é um caixão de 2,5 m de altura e 27,7 de largura (Fig. 39, 40).



Fig. 39 - IC10, Ponte Salgueiro Maia em Santarém



Fig. 40 - Torres

2.5. Pontes construídas por lançamento incremental. Pontes mistas aço-betão

Também na técnica do lançamento incremental, quer seja de estruturas em betão quer mistas aço-betão, os engenheiros portugueses tem apresentado realizações. Mostram-se, em seguida, duas das obras já realizadas por este método.

A ponte sobre o rio Águeda no IC2, foi concluída em 1998, tem 17 tramos, com vãos correntes de 51,5 m e um comprimento total de 855 m. O tabuleiro é uma viga caixão com 15,3 m de largura e 3,7 de altura. Os pilares atingem os 50 m de altura (Fig. 41,42).



Fig. 41 - IC2, Ponte sobre o rio Águeda



Fig. 42 - Lançamento

O viaduto do Perdigoão, na A23, foi concluído em 2003, tem 12 tramos, com vãos correntes de 52,5 m e um comprimento total de 600 m. O tabuleiro é vigado, misto aço-betão, com vigas metálicas de 2,25 m de altura encimadas por uma laje de betão com 14,8 m de largura. Os pilares atingem os 40 m de altura. Para a construção do tabuleiro foi, como na ponte de Águeda, usado o método do lançamento incremental (Fig. 43).



Fig. 43 - A23, Viaduto do Perdigoão



Fig. 44 - Ponte do Cais de Pedra, Porto

O viaduo do Cais da Pedra sobre o Rio Douro, na Zona Histórica do Porto, é uma estrutura mista, submersível em caso de cheia, e tem uma concepção muito original conforme se pode apreciar na figura 44.

Este viaduto, destinado ao tráfego rodoviário em duas vias, com passeios laterais para peões, foi construído em cerca de cinco meses e concluído em 2001. Tem um comprimento de 400 m, vãos correntes de 35 m e largura de 10 m.

2.6. Reabilitação de pontes

Também na reabilitação de pontes soubemos mostrar a nossa capacidade de rápida adaptação.

Com efeito, não tendo sido uma actividade habitual em Portugal, não possuíamos grande experiência quer de projecto quer de obra. Com o lançamento de algumas grandes empreitadas a partir de 2000, tais como as das pontes de Serpa sobre o Guadiana, da Arrábida, da Figueira da Foz, da Rainha D^a Amélia sobre o Tejo e do viaduto Duarte Pacheco, os engenheiros e as Empresas Construtoras fizeram rápidos progressos e realizaram trabalho da melhor qualidade.

Apresentam-se dois exemplos de reabilitação de obras do Prof. Edgar Cardoso, uma das quais em Angola.

A ponte da Figueira da Foz apresentava-se num estado de conservação deplorável devido, não só à agressividade do ambiente marítimo em que está situada mas, e principalmente, à péssima qualidade da sua construção (1984).

A reabilitação e reforço, orçados em cerca de 11 milhões de euros, tem corrido normalmente e deverá estar concluída no 2º semestre de 2005 (Fig. 45 a 48).



Fig. 45 - Ponte da Figueira



Fig. 46 - Vigas



Fig. 47 - Reparação/reforço dos viadutos



Fig. 48 - Zonas reparadas e reforçadas

A ponte do Kwanza, em Angola, encontrava-se em 2000 muito próxima da ruína. Em 1990 um dos tirantes de retenção da ponte, construída entre 1970 e 1975, rompeu, levando a obra à beira do colapso. Na altura foi feito um reforço provisório que permitiu manter a obra em funcionamento.



Fig. 49 - Ponte do Kwanza, 1972



Fig. 50 - A ponte em 2000

A ponte é uma mista aço-betão, com um comprimento de 400 m, tabuleiro atirantado auto-ancorado, dois vãos extremos de 70 m e vão central de 260 m (Fig. 49, 50).



Fig. 51 - A ponte em 1997



Fig. 52 - Os tirantes em 2000

Nas figuras 51 e 52 pode-se ver o estado de ruína em que se encontravam os tirantes.

O sistema de atirantamento foi reformulado e inteiramente substituído por um sistema moderno. O tabuleiro, encontros e torres foram completamente reabilitados. As obras demoraram cerca de um ano e meio tendo terminado no princípio de 2002.



Fig. 53 - A ponte em 2002 depois de reabilitada



Fig. 54 - Ancoragens nas torres

As figuras 53 e 54 mostram dois aspectos da obra já reabilitada.

3. CONCLUSÕES

Procurou-se ilustrar, de forma sucinta, a evolução da engenharia de pontes em Portugal nos últimos 25 anos e mostrar a nossa capacidade e a excelência dos resultados obtidos pelos nossos engenheiros e construtores.

A escolha dos exemplos ficou-se, como é natural dada a natureza, e limite de espaço e tempo, de uma comunicação, por umas poucas obras das muitas dezenas que aqui poderiam, em igualdade de valor, ser apresentadas. Também é natural que nessa escolha tenha pesado o maior conhecimento que Autor tem delas, o que lhe permite maior à-vontade na sua apresentação.

Sendo um trabalho sobre a Engenharia Portuguesa, não fizemos qualquer referência aos Autores das obras, a quem agradecemos a disponibilidade que mostraram, embora soubessem que não seriam citados, em fornecer informação e fotografias.

Fez-se excepção ao Prof. Edgar Cardoso, nome maior da nossa engenharia, a quem todos nós devemos muito do que fomos capazes de fazer nestes 25 anos.