

## **Soluções adotadas em projetos de reforço de fundações de pontes cujos tabuleiros foram alargados**

*Solutions to bridge's foundations reinforcement projects in which decks have been widened*

José Afonso Pereira Vitório (1)

(1) *Doutor em Estruturas, Sócio de Vitório & Melo Ltda., Professor da Escola Politécnica da UPE  
afonsovitorio@gmail.com*

### **Resumo**

É possível afirmar que as fundações representam o que existe de mais importante para garantir a segurança estrutural de uma edificação. Pelo fato de serem estruturas enterradas e/ou submersas, na maioria das vezes com pouca acessibilidade às inspeções, as fundações apresentam uma série de fatores que dificultam a identificação de problemas, muitos dos quais só são percebidos quando começam a repercutir na estrutura como um todo.

Nas pontes e viadutos as fundações adquirem uma importância especial, pela natureza e peculiaridade de tais obras, de modo geral expostas a grande agressividade ambiental e submetidas a condições de uso e de manutenções bastante deficientes.

Sempre que há a necessidade de reforçar as fundações de uma ponte, os profissionais envolvidos (engenheiros estruturais, geotécnicos, hidrologistas e construtores) sabem que estão diante de um problema bastante complexo por causa da significativa quantidade de incertezas que precisam ser investigadas e solucionadas para que seja possível obter a melhor opção de reforço.

Neste artigo são apresentadas algumas soluções que foram adotadas em projetos de reforço de fundações de pontes localizadas em rodovias brasileiras. Tais obras tiveram os tabuleiros alargados para atender ao atual volume de tráfego nessas rodovias. Além do acréscimo das cargas permanentes, causado pelo alargamento do tabuleiro, também foi considerada a adequação das estruturas às cargas móveis da norma NBR 7188 atualmente em vigor no Brasil (classe 450KN), cujos valores são superiores aqueles utilizados nos projetos originais das pontes (classe 360KN). Isso significou um considerável acréscimo nos esforços transmitidos às fundações existentes que necessitaram ser reforçadas conforme cada caso estudado e exemplificado no texto.

*Palavra-Chave: Pontes, fundações, reforço, estruturas.*

### **Abstract**

Foundations are the most important thing to ensure the structural safety of a building. Because they are buried or submerged it is difficult to access them, which make identifying problems a hard issue. Many of these problems are only noticed when they are reverberated in the structure.

Foundations have a special importance in bridges and viaducts because of the nature and peculiarity of their structures that are exposed to environmental aggression, in addition to a precarious maintenance.

Structural engineers, geotechnical, hydrologists and constructors know that they have to face a complex problem when it is necessary to strengthen the foundations of a bridge because of the large number of uncertainties that need to be investigated and solved to obtain the best option of reinforcement.

This article presents some solutions that were adopted in projects of reinforcement of bridge's foundations in Brazilian highways. Those bridges had their decks widened in order to support a larger traffic volume. Besides the increase of permanent load caused by the deck widening, it was also considered the adequacy of structures to moving loads regarding Brazilian regulation NBR 7188 (class 450KN). The measures in NBR 7188 are superior to those in the original bridge projects (class 360KN). It has implied an increase in transmitted efforts to existing foundations that need to be reinforced considering each case of study as exemplified in this article.

*Keywords: bridges, foundation, reinforcement, structures.*

## 1 Introdução

Sempre que uma ponte rodoviária tem o tabuleiro alargado para atender ao aumento da demanda de tráfego, são realizados estudos para avaliar a necessidade de algum tipo de reforço nas fundações.

Isso se justifica pelo fato de o alargamento do tabuleiro já significar naturalmente em acréscimo nas cargas permanentes devidas ao peso próprio da estrutura. Torna-se necessário, também, considerar o aumento nas intensidades das cargas móveis, causadas pelos pesos e ações dinâmicas dos veículos. As novas cargas móveis têm sempre valores superiores aqueles para os quais a ponte original foi projetada, considerando as variações estabelecidas pelas normas brasileiras desde 1946 (quando foi editada a 1ª norma de pontes) até os dias atuais.

A primeira norma de cargas móveis para pontes rodoviárias no Brasil foi a NB-6/1946, que estabeleceu o Veículo-tipo Classe 24 (24tf ou 240KN) e vigorou até 1960, quando entrou em vigor a NB-6/1960, estabelecendo a Classe 36 (36tf ou 360KN), constituída por um veículo com 3 eixos e 6tf por roda, cargas de multidão de 500kgf/m<sup>2</sup> na frente e atrás do veículo e de 300kgf/m<sup>2</sup> no restante da pista e nos passeios. Essas mesmas cargas móveis foram utilizadas para o cálculo das pontes projetadas entre 1975 e 1984 nas rodovias federais.

A partir de 1985 passou a vigorar a NBR-7188 que estabeleceu o Veículo-tipo Classe 45 (45tf ou 450KN), além das Classes 30 e 12 para rodovias vicinais e de menor movimento. Essa norma foi atualizada em novembro de 2013, mas manteve a carga móvel padrão de 450KN e criou o Veículo-tipo Classe 240KN para estradas vicinais municipais.

Fica, portanto, evidente a justificativa do reforço das fundações de pontes que têm os tabuleiros alargados.

Os tipos de reforço são definidos com base na análise das variáveis envolvidas em cada caso a ser estudado e se constituem no objeto deste artigo.

## 2 Contextualização

Um fator importante a ser sempre considerado é o fato de a maioria das pontes alargadas ser constituída por obras antigas, muitas delas com mais de 50 anos de construídas e submetidas ao longo de décadas aos efeitos deletérios da deterioração estrutural, das condições de uso inadequadas e da falta de manutenção.

Nesse contexto, alguns condicionantes precisam ser considerados para que os procedimentos de alargamento e reforço de uma ponte antiga sejam realizados de tal modo que garantam uma adequada capacidade de carga e uma correta avaliação das condições de estabilidade após o alargamento.

Um dos principais fatores condicionantes é a ausência, quase sempre, dos projetos originais, o que muito dificulta uma análise mais precisa dos esforços e do detalhamento utilizados na estrutura existente. Resta, portanto, ao projetista avaliar a capacidade da ponte por meio de inspeções minuciosas, com enfoque nas fundações e em outros componentes estruturais vitais para a estabilidade, além de realizar ensaios geotécnicos e de resistência dos materiais, em especial do concreto.

## 2.1 Avaliação da segurança estrutural

A avaliação estrutural de uma ponte pode ser feita por meio de métodos determinísticos (as normas mais antigas utilizavam o método das tensões admissíveis), ou métodos semi probabilísticos, previstos pelas normas atuais, que utilizam os Estados Limites Últimos e Estados Limites de Serviço. Os métodos determinísticos são considerados bastante conservadores e os semi probabilísticos menos conservadores, porém, em ambos os casos a avaliação é feita utilizando-se normas de projetos de obras novas.

Atualmente diversos países estão investindo na aplicação de métodos probabilísticos (confiabilidade) para a avaliação de pontes existentes, considerando as incertezas por meio de variáveis aleatórias envolvidas no problema, como é o caso das grandezas relacionadas às ações atuantes e à resistência.

## 2.2 Utilização do método dos elementos finitos

Considerando que a análise das pontes existentes antes e após o alargamento é realizada admitindo-se comportamento elástico linear para os materiais de acordo com a NBR 6118, é de fundamental importância a modelagem com a utilização de elementos finitos, para a obtenção dos esforços e deslocamentos nas estruturas original e alargada, objetivando estabelecer as condições em que serão feitos os reforços da superestrutura e das fundações.

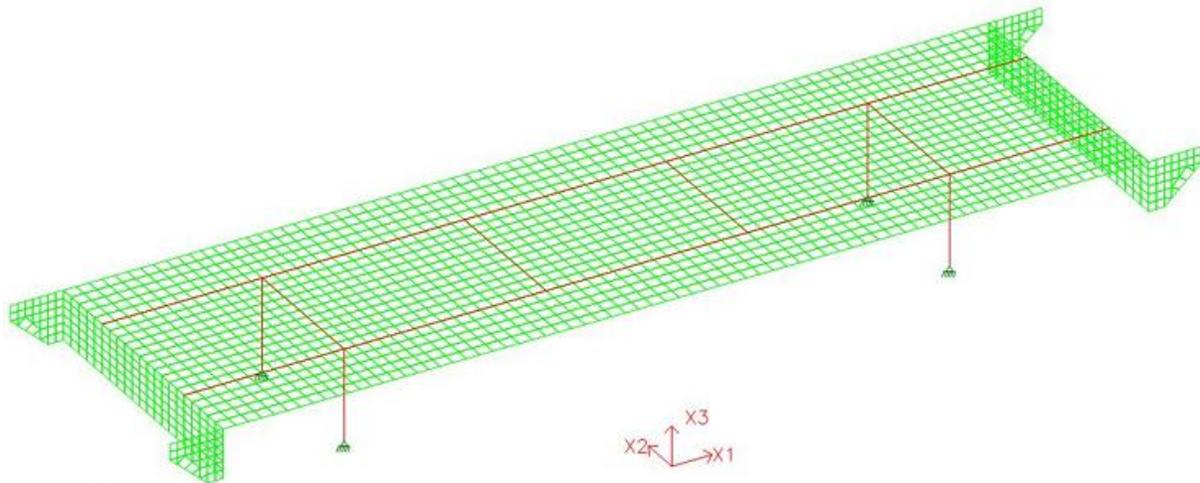
Diante de tantas dificuldades sobre o (des)conhecimento da estrutura e fundações existentes é sempre conveniente projetar, na medida do possível, o alargamento conforme um modelo estrutural que não aumente (ou aumente pouco) os valores dos esforços atuantes nas fundações originais, de modo que as cargas permanentes e móveis do alargamento sejam transmitidas para as novas fundações.

Isso é possível de se obter em determinadas situações, a depender da geometria (original e após alargamento) do tabuleiro, combinada com as hipóteses de distribuição das cargas móveis e com o modelo de discretização adotado. É possível, portanto, a elaboração de projetos com distribuição mais equilibrada dos esforços, condição propiciada após o advento dos sofisticados softwares de análise estrutural por elementos finitos.

O modelo constituído por barras e elementos de casca (shell) é muito útil para um tabuleiro em grelha de vigas e lajes, principalmente quando não existem problemas secundários relacionados à torção e deformações por esforço cortante (MANTEROLA, 2006). Em tais situações, que correspondem à grande maioria dos tabuleiros das pontes comuns existentes nas rodovias brasileiras, tal modelo apresenta respostas consistentes às ações atuantes nos projetos de alargamento e reforço.

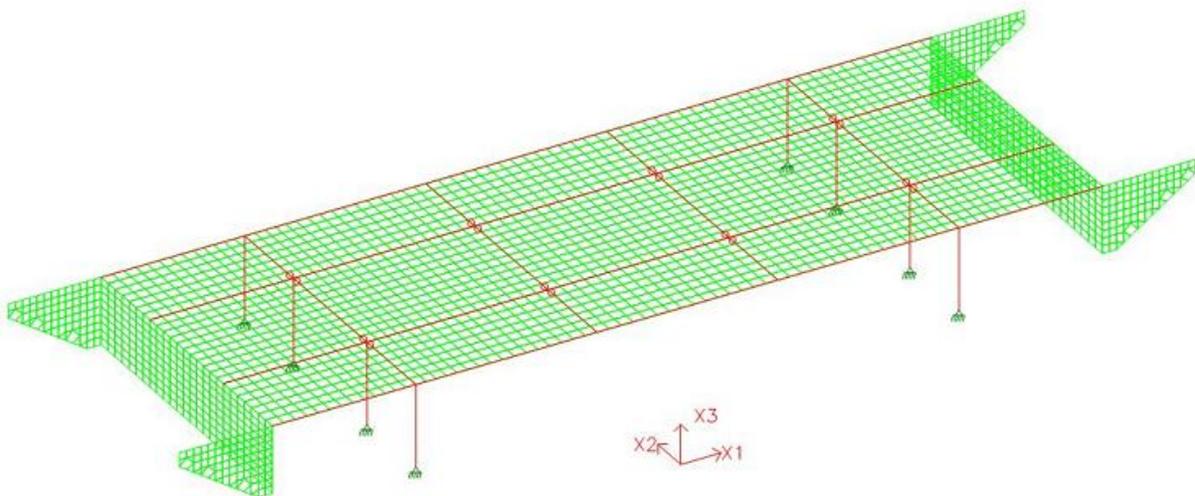
A figura 1 mostra a discretização do tabuleiro original de uma ponte com um vão e dois balanços, feita com base na geometria, nas características dos materiais e nas cargas permanentes e móveis da época em que foi projetada.

A figura 2 representa o projeto de alargamento do tabuleiro da mesma ponte, também discretizada pelo método dos elementos finitos, considerando uma nova grelha obtida pelas longarinas e transversinas antigas e novas, sob a ação dos carregamentos atualmente utilizados. Nas discretizações foram utilizados elementos de barra e elementos de casca (shell).



GEOMETRIA

Figura 1 – Discretização por elementos finitos do tabuleiro de uma ponte existente para conhecer os esforços originais da época em que foi construída (VITÓRIO, (2013)).



GEOMETRIA

Figura 2 – Discretização por elementos finitos do tabuleiro alargado da ponte da figura 1 para obtenção dos esforços correspondentes à nova geometria do tabuleiro (VITÓRIO, (2013)).

### 3 Tipos de reforço de fundações conforme o sistema estrutural do alargamento

Cada reforço de fundações necessita ser estudado isoladamente, porém, de modo geral, existem algumas soluções mais usualmente adotadas nos casos de alargamento das pontes com tabuleiros em vigas, consideradas típicas das rodovias brasileiras.

São abordadas neste trabalho três situações, exemplificadas por casos reais, nas quais ocorreram uma das três condições seguintes:

- Acréscimo de novas fundações sem a necessidade de reforçar as existentes;
- Acréscimo de novas fundações, com o reforço das existentes;

- Reforço das fundações existentes sem a adoção de novas fundações. Essas três possibilidades de reforço de fundações estão diretamente relacionadas aos condicionantes já citados e a outros que eventualmente surgem durante a elaboração de um projeto de alargamento e reforço de uma ponte. Na figura 3 está ilustrada a seção transversal de uma ponte cujo alargamento implica na adição de novas longarinas e novos pilares o que leva à necessidade de acrescentar novas fundações, podendo ou não haver o reforço das fundações existentes. A figura 4 mostra uma seção transversal alargada sem a necessidade da adição de novas longarinas e, conseqüentemente, sem a adição de novos pilares e fundações, de modo que todo o acréscimo de carga causado pelo alargamento é transmitido para as fundações existentes que passam por intervenções de reforço estrutural. Essa é uma situação típica da utilização de protensão externa em reforço e alargamento de tabuleiros.

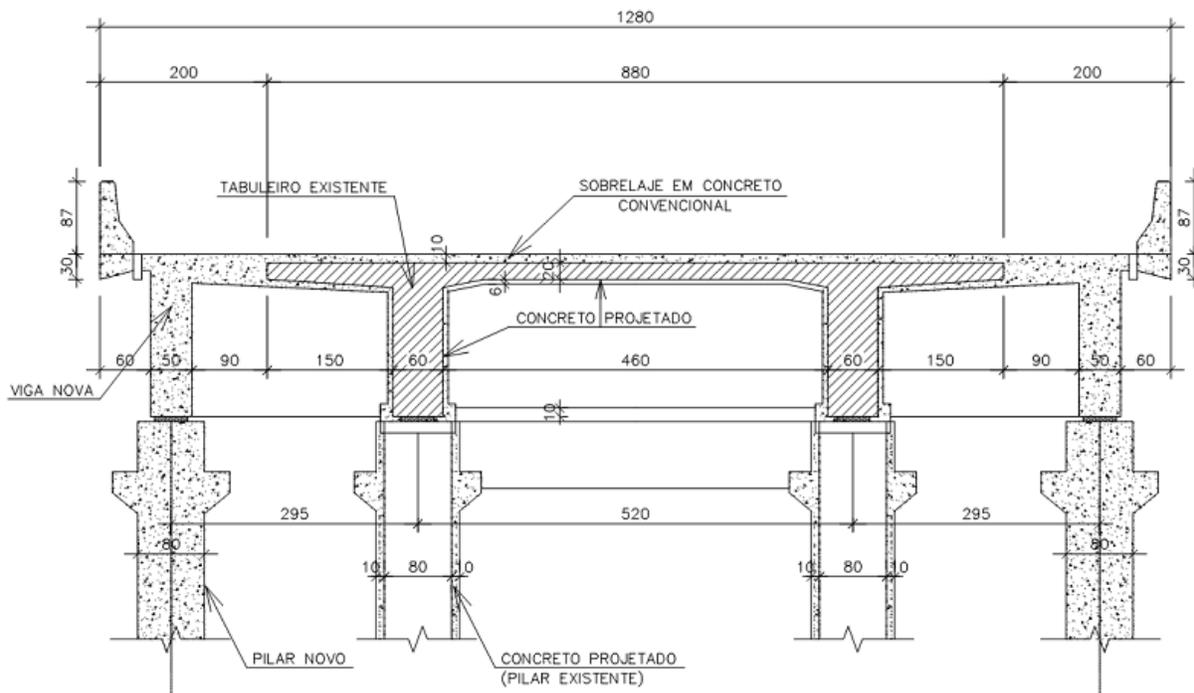


Figura 3 – Seção transversal após alargamento com concreto armado convencional, com a adição de novos pilares (VITÓRIO. (2013)).

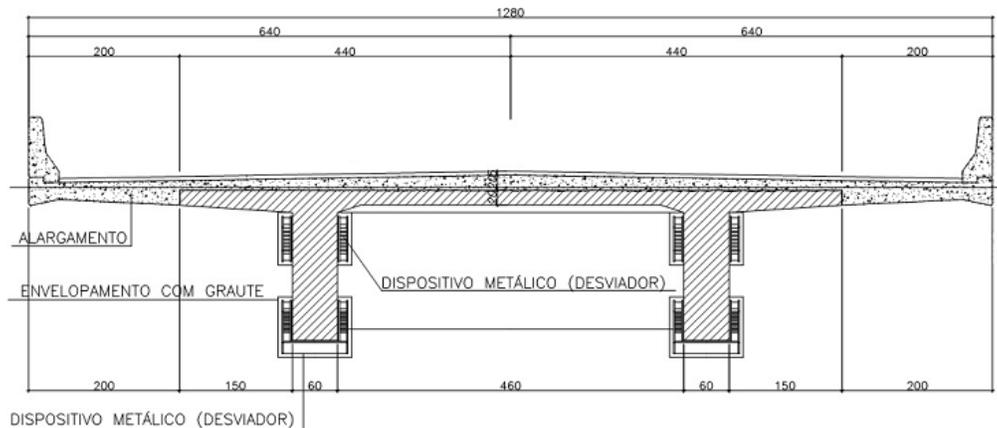


Figura 4 – Seção transversal após alargamento com protensão externa, quando não há a adição de novos pilares (VITÓRIO. (2013)).

### 3.1 Acréscimo de novas fundações sem o reforço das existentes

Essa solução é a mais indicada quando não se tem acesso ao projeto original e não se dispõe de maiores informações sobre a ponte a ser alargada, especialmente as referentes às fundações existentes que muitas vezes apresentam situações de difícil acessibilidade para a realização de inspeções.

Nesses casos, todos os estudos são realizados com base em rigorosa inspeção, acompanhada de levantamento da geometria existente e mapeamento das manifestações patológicas instaladas. Recomenda-se a realização de testes e ensaios, pelo menos os mais usuais como extração de testemunhos do concreto da estrutura, ensaios de tração nas armaduras, ensaios de cloretos e também provas de carga, caso o projetista entenda como necessário.

Dependendo da geometria e da rigidez da nova grelha obtida pela incorporação do alargamento ao tabuleiro original, é possível obter uma situação na qual os esforços sejam distribuídos de tal modo que não haja acréscimos na estrutura existente e todo o aumento de carga seja transferido para as novas fundações. Na prática considera-se aceitável um acréscimo de no máximo 10% no valor dos esforços nas fundações existentes para que não haja a necessidade de reforço.

Esse tipo de solução está exemplificado nos dois casos a seguir. O primeiro refere-se a uma ponte sobre o rio Itiúba na BR 101/AL com 70m de extensão e quatro pares de pilares, todos com fundações em tubulões, conforme a figura 5 que mostra uma vista parcial da ponte original. Após o alargamento do tabuleiro, com a adição de duas novas longarinas e novos pilares, a seção transversal ficou com a configuração indicada na figura 6.

Nesse caso foi possível obter o projeto original, o que muito facilitou o estudo da solução para as novas fundações, constituídas por estavas raiz  $\phi = 410mm$ , que absorveram a quase totalidade do acréscimo de cargas provocado pelo alargamento e pela atualização das cargas móveis da ponte existente que havia sido calculada para o Veículo-tipo da Classe 360KN e alargada para as cargas de 450KN.



Figura 5 – Vista parcial da ponte antes do alargamento do tabuleiro (VITÓRIO. (2014)).

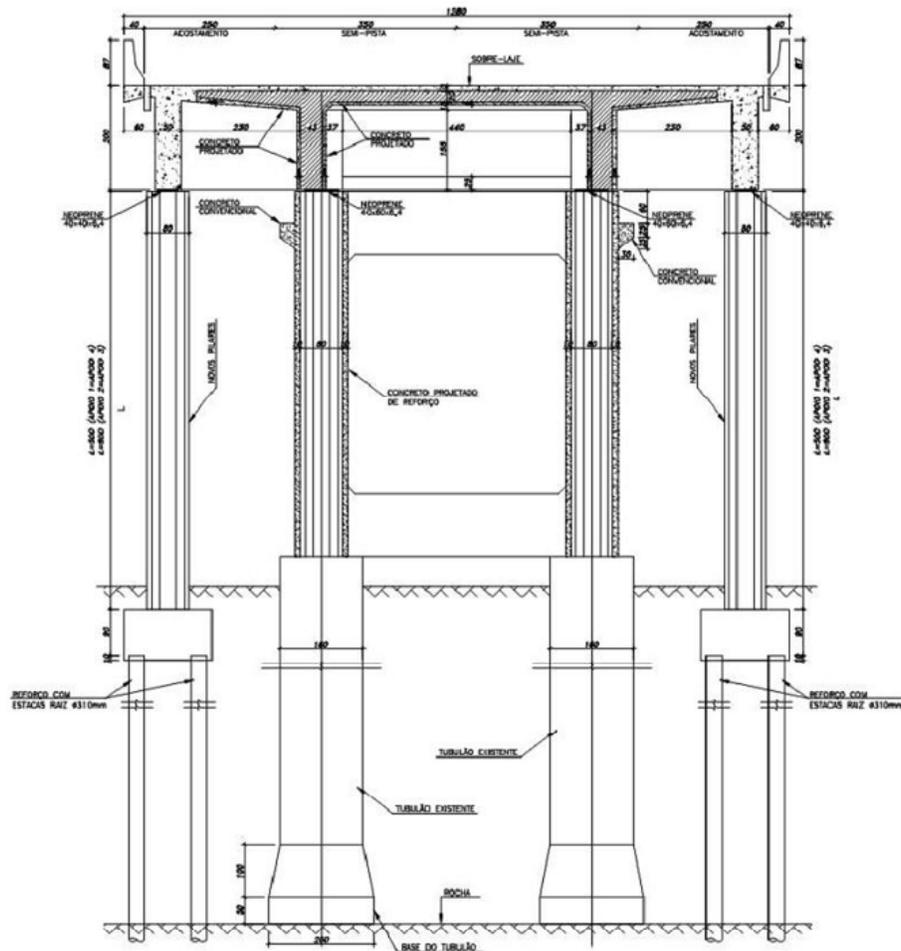


Figura 6 – Seção transversal após alargamento, mostrando as fundações originais em tubulões e a adição de estacas raiz para receber o acréscimo de carregamento (VITÓRIO. (2014)).

Outro caso de alargamento sem a necessidade de reforço das fundações existentes ocorreu na ponte sobre o rio Botafogo, na BR 101/PE, uma ponte com mais de 50 anos de construída, com tabuleiro em grelha de quatro vigas e 40m de extensão dividido em três vãos, com apoios intermediários constituídos por pilar-parede e apoios extremos em encontros de concreto, todos com fundações em estacas. Nas novas fundações do alargamento foram utilizadas estacas raiz.

A figura 7 mostra a seção transversal de um apoio intermediário após o alargamento e reforço do tabuleiro. Na figura 8 está ilustrada a execução de um dos pilares que foram adicionados à estrutura antiga.

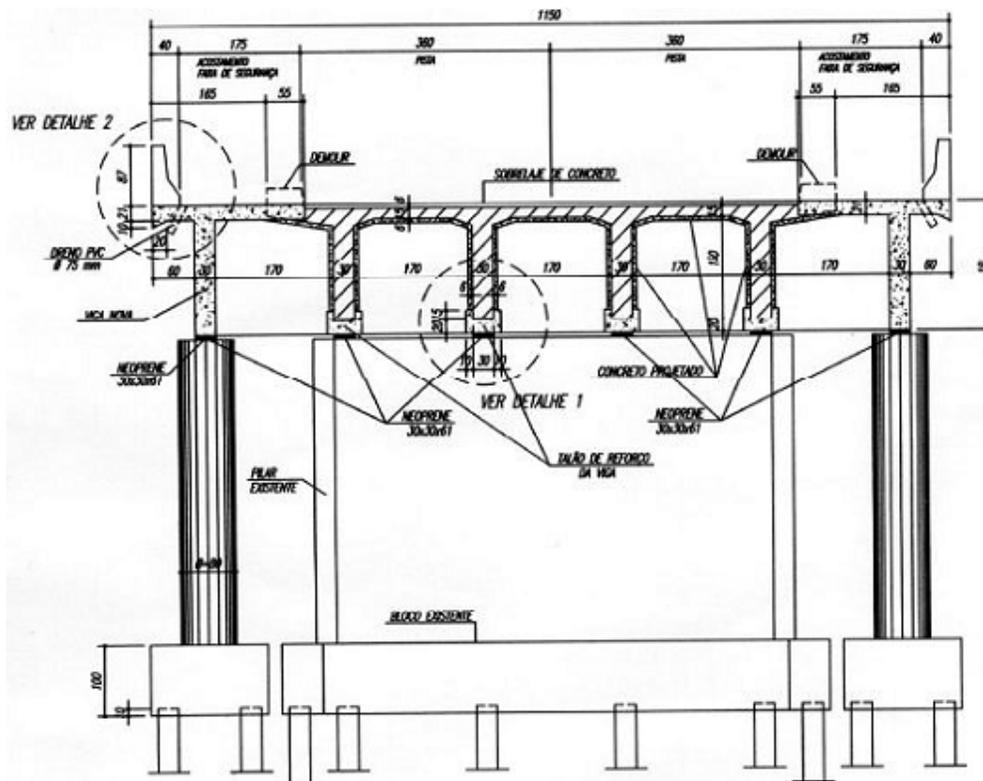


Figura 7 – Reforço e alargamento do tabuleiro com a adição de estacas raiz, sem a necessidade de reforçar as fundações existentes (VITÓRIO. (2014)).



Figura 8 – Concretagem dos blocos e pilares adicionados a um dos apoios (VITÓRIO. (2014)).

### 3.2 Adição de novas fundações com reforço das existentes

Essa situação ocorre nos casos em que não é possível transmitir todas as cargas provenientes do alargamento para as novas fundações adicionadas à ponte existente. Torna-se necessário, portanto, reforçar as fundações antigas para que possam absorver uma parcela dos esforços gerados pelas ações permanentes e variáveis no tabuleiro alargado.

Evidentemente, a obtenção de uma solução que contemple todos os aspectos estruturais e construtivos adequados para garantir a segurança e durabilidade necessárias, depende do conhecimento das fundações existentes, preferencialmente por meio da análise dos projetos originais ou, na ausência destes, de inspeções no local das fundações para obter a geometria das mesmas e as manifestações patológicas porventura existentes. Foi esse o caso dessa ponte, na BR 423/PE cujo reforço está exemplificado na figura 9 que mostra o alargamento da obra, com 40m de extensão e fundações diretas executadas sobre rocha. Observa-se que o alargamento foi realizado em apenas um dos lados do tabuleiro que passou a ser constituído por uma grelha de três longarinas, tendo sido acrescido um novo pilar com a respectiva fundação, além do aumento da área da base das sapatas existentes para absorverem o acréscimo dos esforços, com a transmissão de tensões compatíveis. Também foi feito todo um trabalho de recuperação da estrutura existente, com a aplicação de concreto projetado.

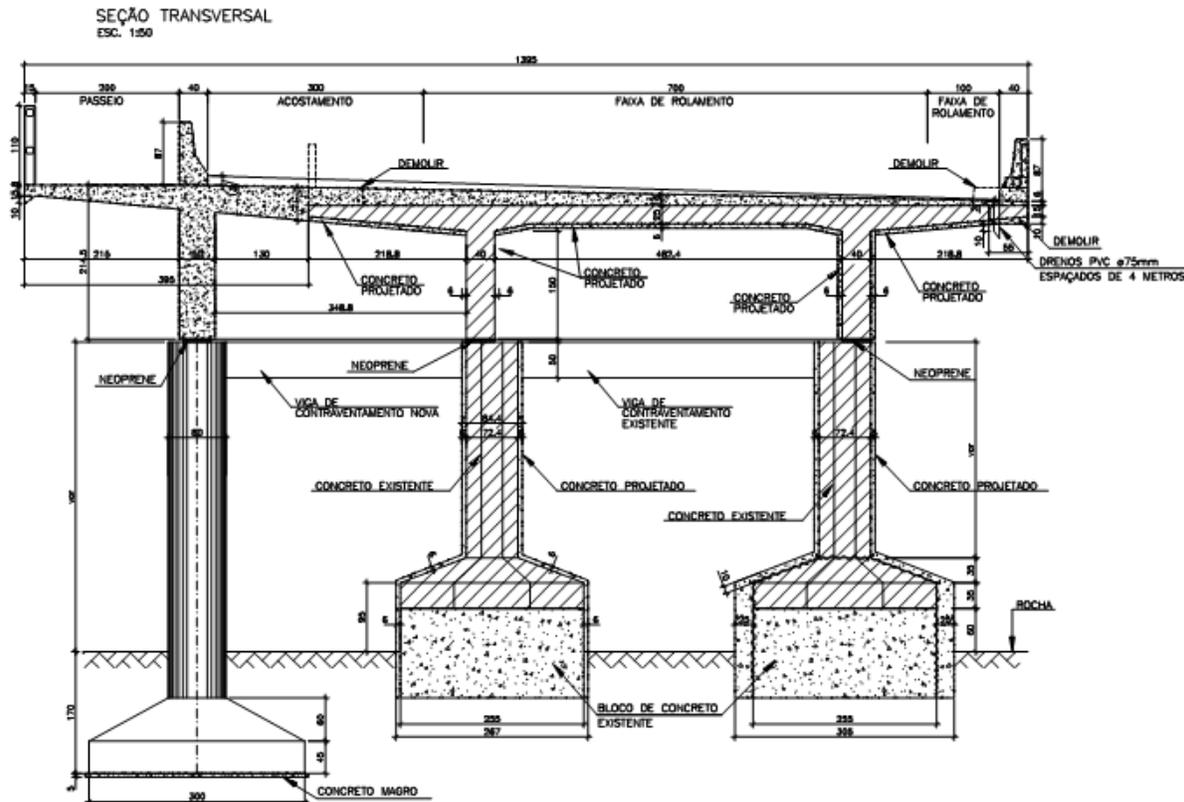


Figura 9 – Seção transversal do alargamento de um dos lados do tabuleiro mostrando a nova fundação e o reforço das fundações existentes (VITÓRIO. (2014)).

### 3.3 Reforço das fundações existentes sem a adição de novas fundações

Existem situações em não é possível realizar o alargamento da ponte com a adição de novas longarinas ao tabuleiro e com a execução de novos pilares. Também pode acontecer que determinadas especificidades conduzam a soluções nas quais são alargadas apenas as lajes, que recebem as cargas atuantes e as transmitem para as longarinas existentes, que por sua vez são reforçadas para absorverem o acréscimo de esforços e os transmitirem para os pilares e fundações existentes.

Na grande maioria desses casos o reforço das longarinas é realizado com a aplicação de protensão externa com cabos não aderentes fixados por desviadores ao longo das faces laterais das vigas. As ancoragens ficam nas extremidades onde são aplicadas as forças de protensão. O reforço da laje alargada é geralmente feito com a aplicação de protensão transversal aderente. A figura 10 mostra um exemplo de ponte reforçada com protensão externa.



Figura 10 – Exemplo de reforço das longarinas de uma ponte com protensão externa (VITÓRIO. (2013)).

Nesses casos, o tipo de reforço de fundação requer os mesmos cuidados já relacionados em 3.2 e se constitui em uma solução bem apropriada quando é possível obter informações essenciais, como a resistência à compressão do concreto existente e a capacidade resistente das fundações originais.

A figura 11 mostra o caso de uma ponte sobre o rio Jacuípe na BR 101/AL, cujo projeto de alargamento do tabuleiro utilizou a protensão externa, sem a adição de novas transversinas e pilares.

As fundações antigas eram diretas em sapatas isoladas e foram reforçadas com estacas raiz e depois encamisadas pelos novos blocos de coroamento. Também são mostrados detalhes dos reforços que foram realizados no tabuleiro e nos pilares. Na figura 12 está representado o posicionamento horizontal das estacas de reforço e a ampliação das sapatas existentes que foram transformadas em blocos de coroamento.

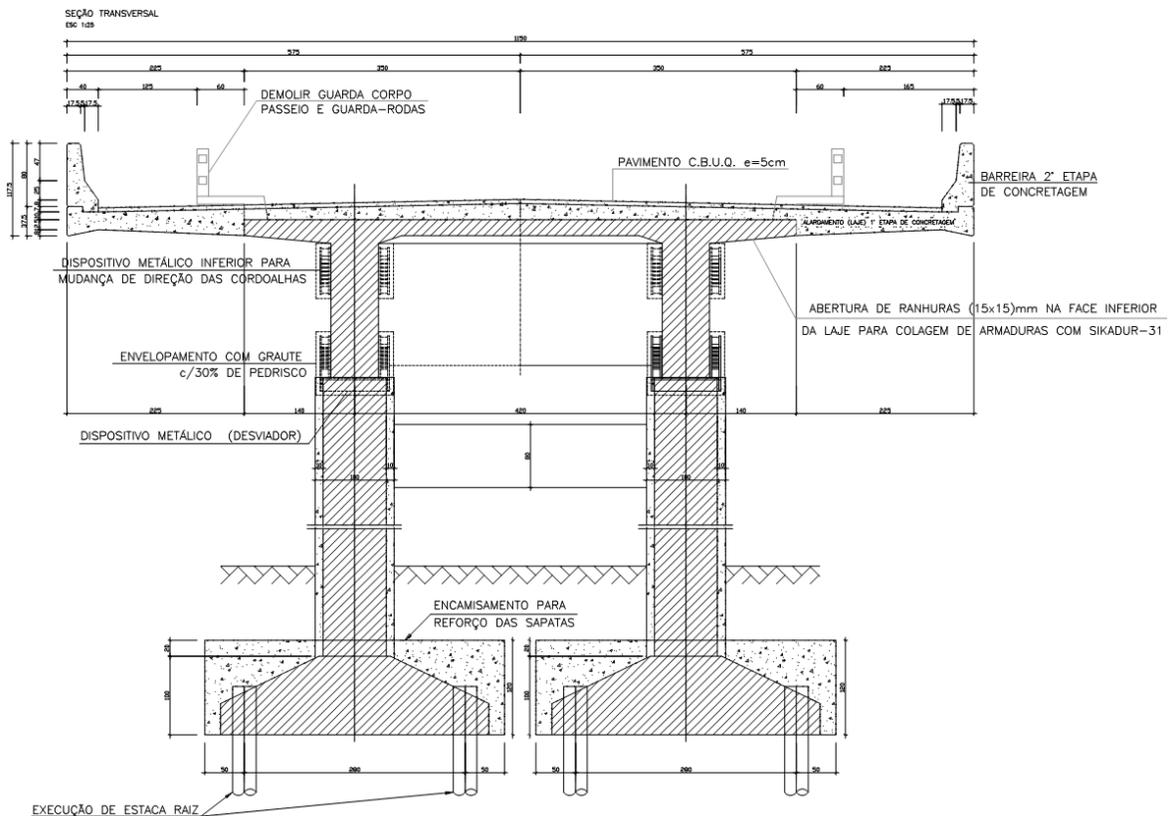


Figura 11 – Reforço das fundações diretas existentes com a utilização de estacas raiz e encamisamento das sapatas existentes (VITÓRIO. (2014)).

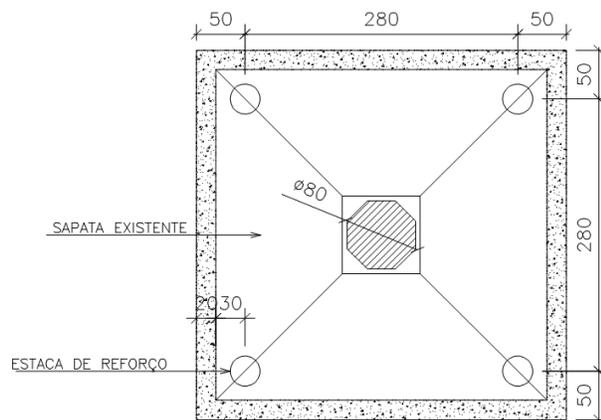


Figura 12 – Detalhe do posicionamento horizontal das estacas de reforço (VITÓRIO. (2014)).

Na figura 13 está representada a seção transversal do alargamento de um viaduto cujas características são semelhantes às da ponte da figura 11 em termos da geometria e dos tipos de reforços realizados na superestrutura e pilares. A principal diferença é no reforço das fundações que nesse caso eram originalmente estacas de concreto moldadas no local e foram reforçadas com a cravação de novas estacas (tipo raiz) em torno dos blocos

existentes. Em seguida foi concretado um novo bloco que envolveu as fundações originais. A figura 14 mostra detalhe horizontal da ligação entre os blocos novos e existentes.

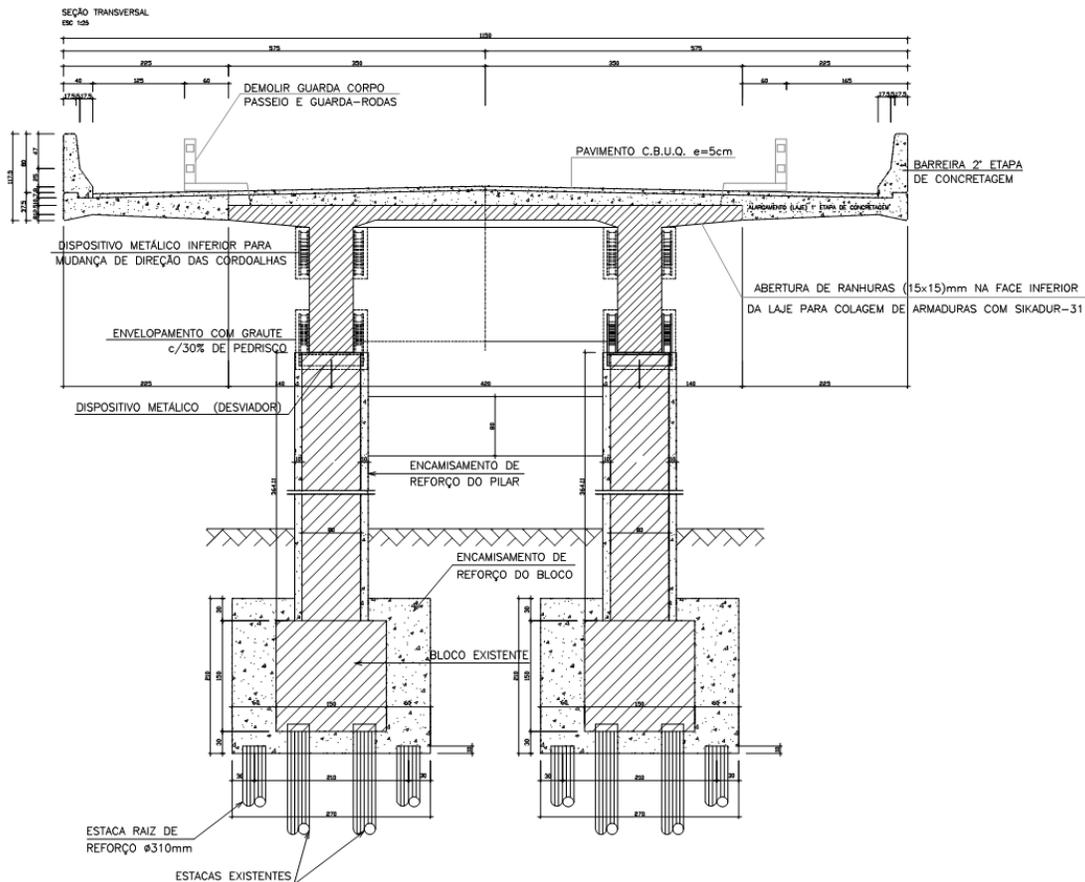


Figura 13 – Reforço das fundações em estacas com novas estacas (raiz) e encamisamento dos blocos existentes (VITÓRIO. (2014)).

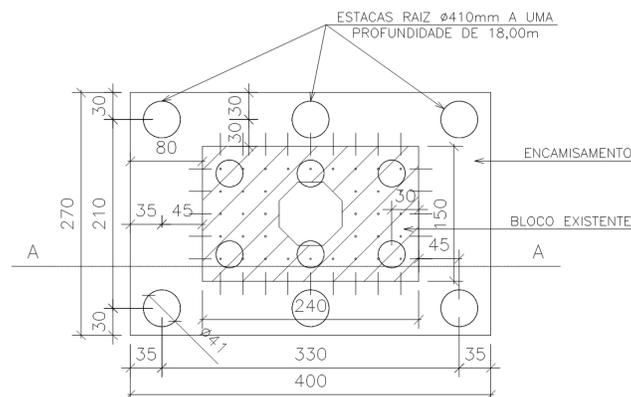


Figura 14 – Detalhe da ligação entre bloco novo e bloco existente (VITÓRIO. (2014)).

Existem algumas situações em que o encamisamento dos blocos antigos pelos blocos de reforço é feito por meio de protensão com a utilização de barras rígidas Dywidag, o que garante uma maior homogeneidade entre os dois componentes e uma maior eficiência na transferência e distribuição das cargas para as estacas novas e as existentes. Essa situação está ilustrada nas figuras 15 e 16 que mostram o reforço das fundações de uma ponte na BR 101/PE.



Figura 15 – Execução de reforço em fundação de ponte com cravação de estacas adicionais e aplicação de protensão no bloco (VITÓRIO. (2013)).



Figura 16 – Detalhe do bloco após o reforço (VITÓRIO. (2013)).

#### **4 Comentários finais, conclusões e recomendações**

Os exemplos de reforços de fundações de pontes apresentados neste artigo deixam claro, independentemente da solução adotada, a grande quantidade de incertezas e de dificuldades nas etapas de estudo, projeto e execução.

Tais dificuldades são em grande parte devidas à complexidade inerente ao desempenho estrutural desses elementos fundamentais para a estabilidade das Obras de Arte Especiais. Porém, é importante ressaltar que os problemas relacionados às fundações

devem ser vistos e analisados a partir de uma abordagem da obra como um todo, considerando-se os aspectos geotécnicos, hidrológicos e estruturais que interferem na avaliação da capacidade de carga das pontes existentes.

O reforço da fundação de uma ponte requer do engenheiro projetista o perfeito entendimento de que tal atividade não pode ser desenvolvida apenas com a aplicação das normas editadas para as obras novas, pois uma estrutura já construída sofre os efeitos deletérios provocados pelo uso e pela agressividade ambiental ao longo do tempo. Considerando a carência de normas e literatura especializadas sobre o tema, devem ser definidos critérios, alguns deles previstos no manual do DNIT (2010), para a avaliação das estruturas existentes a partir dos resultados de inspeções, das propriedades dos materiais utilizados e das cargas atuantes, além de uma análise estrutural. A avaliação deve considerar as resistências no Estado Limite Último e no Estado Limite de Serviço.

Trabalho desenvolvido por CRUZ et al. (2008) na Europa, define os níveis dos métodos de avaliação da segurança de pontes existentes, confirmando os conceitos de que a funcionalidade e segurança das Obras de Arte Especiais têm que ser garantidas por meio de inspeções regulares seguidas muitas vezes por ações de conservação e reforço. O referido trabalho também reafirma que a aferição da segurança estrutural das pontes existentes utilizando normas e regulamentos dedicados ao dimensionamento de pontes novas pode ser imprópria e demasiado conservadora, uma vez que, de modo geral, a avaliação da segurança das pontes existentes é feita com base nos modelos de análise elástico linear e na avaliação determinística da segurança de um elemento da estrutura. Porém, a confiabilidade de um elemento pode não ser representativa da confiabilidade de toda a ponte.

O referido trabalho propõe cinco níveis de avaliação de segurança de pontes existentes, desde o mais simples, cujo modelo é semelhante ao utilizado pelas normas de projeto para estruturas novas, até o mais sofisticado, que combina a análise não linear com a análise probabilística.

No Brasil, e em muitos países, ainda não existem regulamentos, normas ou outros documentos que definam os procedimentos para a avaliação da segurança das pontes existentes (inclusive das fundações). De modo que essa avaliação continua sendo feita com base nas normas para as obras novas e na experiência dos especialistas.

Finalizando, são apresentadas as seguintes recomendações visando contribuir para a melhoria da qualidade dos projetos e execução das obras de alargamento de pontes em geral, e especificamente, dos reforços de fundações:

- a) Desenvolvimento de estudos, tanto no setor acadêmico como no setor produtivo, visando a edição de normas e procedimentos destinados exclusivamente à análise, projeto e avaliação de estruturas (e fundações) de pontes existentes. Isso irá contribuir para o estabelecimento de um processo decisório mais realista e consistente sobre os tipos de intervenções a serem feitos, como por exemplo: quando reforçar, quando alargar ou até quando demolir e substituir uma ponte;
- b) Estudos sobre a influência dos diversos métodos de alargamento sobre as fundações existentes, pela importância de tais componentes na segurança da ponte alargada. Em determinadas situações a opção por um determinado método de alargamento fica condicionada à necessidade e ao tipo de reforço estrutural nas fundações;

- c) Avaliação das condições de estabilidade das pontes brasileiras também com o auxílio de métodos probabilísticos, pois os critérios de avaliação da segurança são feitos atualmente apenas por modelos determinísticos e semi probabilísticos utilizados no dimensionamento de pontes novas e podem conduzir a distorções nos resultados, no que se refere aos níveis de confiabilidade aceitáveis.

## 5 Referências

CRUZ, P., et al.. **Métodos de avaliação da segurança das pontes existentes**. Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, Lisboa, 2008.

DNIT. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. Rio de Janeiro, 2010.

MANTEROLA, J.. **Puentes – Apuntes para su diseño, cálculo y construcción**. Vol. I e II, Colégio de Ingenieros, Caminos, Canales y puertos, Madrid, 2006.

MENDES, P. T. C.. **Contribuição para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras**. Tese de Doutorado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

VITÓRIO, J. A. P.. **Conservação, gestão, acidentes estruturais e reforço de Obras de Arte Especiais**. Fórum de Engenharia de Pernambuco, Recife, 2011.

VITÓRIO, J. A. P.; BARROS, R. M. M. C.. **Reforço de fundações de pontes e viadutos – Três casos reais**. V Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro, 2012.

VITÓRIO, J. A. P.. **Um estudo comparativo sobre métodos de alargamento de pontes rodoviárias de concreto armado, com a utilização das normas brasileiras e eurocódigos**. Tese de Doutorado na Universidade do Porto, Portugal, 2013.

VITÓRIO, J. A. P.. **Reforço de fundações de pontes e viadutos rodoviários**. Seminário Pernambucano de Estruturas de Fundações, Recife, 2014.

VITÓRIO, J. A. P.. **Reforço e recuperação de pontes e viadutos**. Notas de aula, Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 2014.