

Soluções pioneiras no projeto e execução da Ponte Rio-Niterói

FÁBIO LUÍS PEDROSO - Editor - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5848-8710> (fabio@ibracon.org.br)

A Ponte Rio-Niterói completou 50 anos no último 4 de março. Após meio século de serviços prestados à população e aos setores econômicos, integrando o país de norte a sul, como parte da rodovia BR-101, ela guarda ainda alguns feitos notáveis da engenharia nacional: maior obra rodoviária do Brasil, maior ponte do Hemisfério Sul (13,2 km de extensão), maior ponte em concreto protendido usando aduelas pré-moldadas de concreto coladas com

resina epóxi (7.184 km) e maior vão do mundo em viga reta contínua (300 m), 72 m acima do nível do mar.

A Rio-Niterói fica situada sobre a baía de Guanabara, ligando as cidades do Rio de Janeiro e de Niterói (Fig. 1). A escolha do traçado atendeu aos seguintes requisitos:

- ▶ Traçado por trás dos portos para reduzir interferência dos navios, sendo que o gabarito de maior profundidade da baía tem vão de 300 m e altura de 60 m, para possibilitar a passagem de

petroleiros sob a ponte, a fim de utilizar o terminal marítimo da Petrobras, no interior da Guanabara;

- ▶ A travessia da baía termina em locais com área suficiente para os viadutos de acesso, que têm ligação direta com a BR-101, acomodando tráfego rodoviário local e de longa distância;
- ▶ Por ficar nas proximidades de dois aeroportos (Galeão e Santos Dumont), a altura máxima da estrutura é de 60 m. Do ponto de vista estrutural, a obra apresenta três trechos principais:

- ▶ Vãos centrais em vigas contínuas metálicas de alma cheia, formada por uma viga contínua central de 300 m e vãos laterais de 200 m, com seção transversal formada por duas vigas-caixão, cada uma com largura de 6,86 m e distância livre entre as almas internas de 6,34 m (Fig. 2);

- ▶ Vãos de acesso sobre o mar de concreto protendido, com cerca de 8000 m, sem gabarito de navegação, construído com aduelas pré-fabricadas coladas, cuja fabricação ficava no canteiro na Ilha do Fundão, com vãos uniformes de 80 m, e dois vãos adjacentes aos centrais de 92 e 114 metros;
- ▶ Vãos de acesso em terra, formados sobretudo por longarinas pré-moldadas em forma de barriga de peixe.

Os pilares sobre o mar constituem-se de pares de colunas retangulares celulares com dimensões externas iguais à largura da viga-caixão (6,86 m) e dimensão variável longitudinalmente, dando ao pilar a forma de tronco de pirâmide.

No topo do pilar há uma parte maciça (cabeça), que recebe as cargas concentradas nos aparelhos de apoio. Já, a base do pilar engasta-se em elementos maciços (blocos), que transferem as cargas para as fundações, com até 5 m de altura.

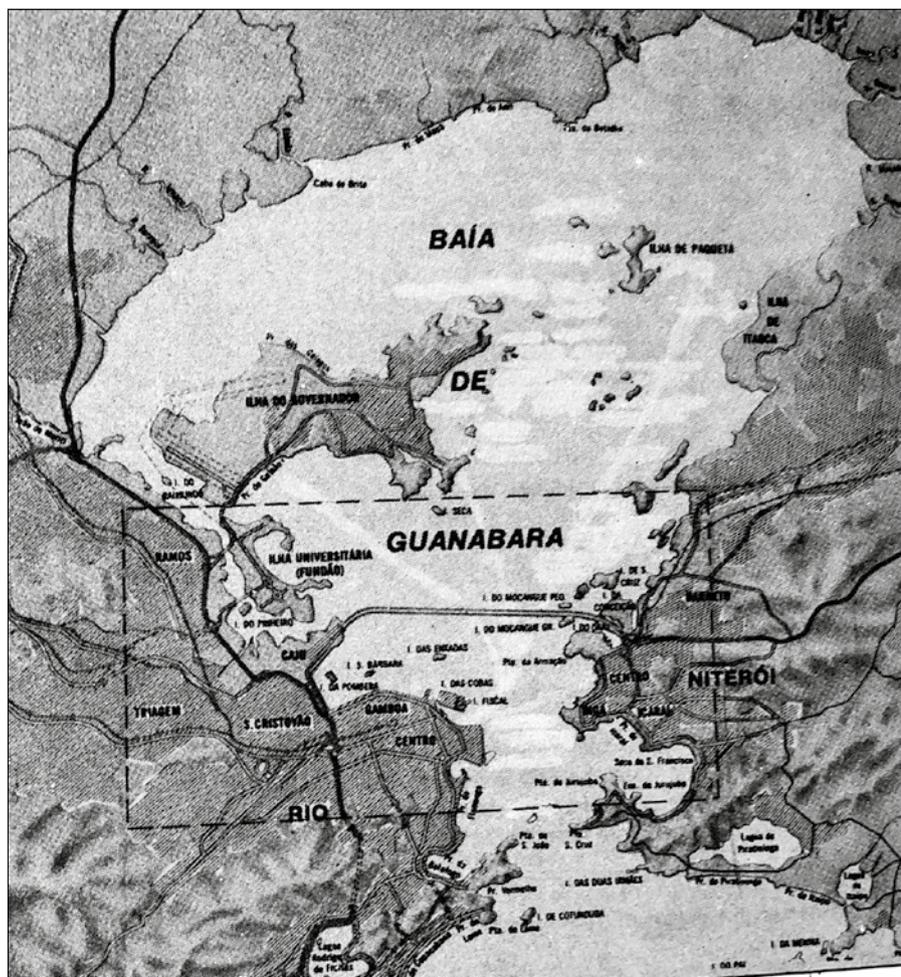


Figura 1 — Esquema do traçado definitivo da Ponte Rio-Niterói — FONTE: PFEIL, 1975

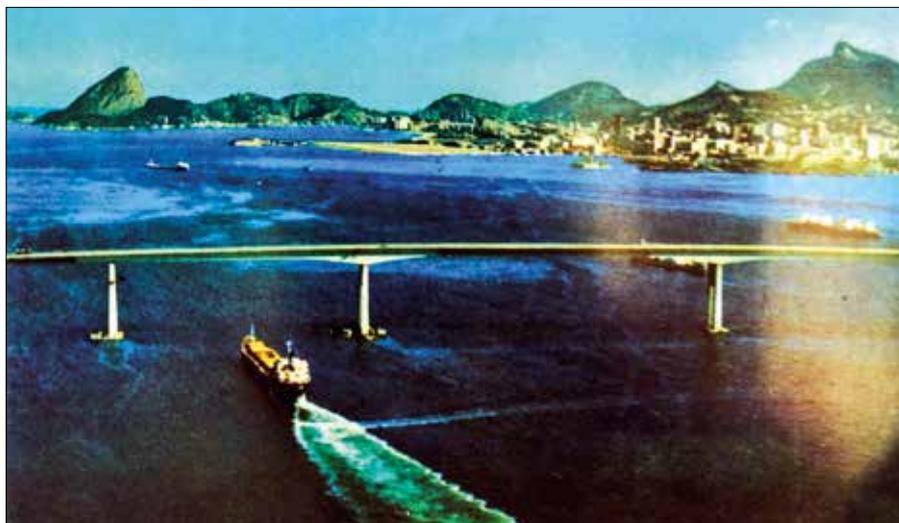


Figura 2 — Três vãos centrais da Rio-Niterói — FONTE: PFEIL, 1975

As fundações no mar foram tubulões construídos de três modos diferentes:

- ▶ Tubulões a ar comprimido, com base alargada, para fundações de até 30 m, assentadas em solos sedimentares resistentes (462 tubulões);
- ▶ Tubulões mistos, com estacas de aço cravadas no interior de camisas de aço pré-escavadas, enchidas com concreto submerso (199 tubulões);
- ▶ Tubulões do tipo Bade-Wirth, formado por camisas metálica colocada no interior de uma escavação e engastadas em rocha, preenchidas com concreto armado submerso (477 tubulões).

O desafio de atravessar 8,6 km sobre a Baía da Guanabara não aconteceu sem percalços. Em março de 1970, depois de pouco mais de um ano do início da construção, durante uma prova de carga com os tubulões de 1,8 m de diâmetro e 22 m de altura, o tanque cheio de água do mar sobre um dos tubulões o rompeu, levando à morte oito profissionais.

Este acidente paralisou as obras até fevereiro de 1971. O Consórcio Construtor Rio-Niterói, vencedor da licitação, não aceitava desembolsar mais dinheiro sem o aporte de novos recursos públicos — o consórcio já havia consumido 70% do preço cobrado, mas entregou apenas 20% da obra — nem aceitou o fatiamento da execução. Diante do impasse, o governo militar desapropriou o Consórcio Construtor Rio-Niterói, criou a ECEX — Empresa de Engenharia e Construção de Obras Especiais — para supervisionar

a obra e contratou o consórcio segundo colocado, formado pelas construtoras Camargo Corrêa, Mendes Junior e Construtora Rabello (Consórcio Construtor Guanabara), para retomar as obras pelo dobro do preço inicialmente estabelecido sob regime de administração.

Para imprimir ritmo acelerado às obras e entregar a Rio-Niterói antes de findar o governo Médici, o ministro dos transportes, Mario Andreazza, e seu assessor, João Carlos Quedes, militares da reserva, foram morar no canteiro de obras, na Ilha do Fundão. Sob seu comando, 10 mil operários e 200 engenheiros.

A seguir, discorre-se sobre as novidades tecnológicas na engenharia brasileira, impulsionadas pela construção da Ponte Rio-Niterói.

1. EQUIPAMENTOS BADE-WIRTH

Por pressão do diretor técnico do Consórcio Construtor Guanabara, Eng. Bruno Contarini, foram comprados equipamentos para cravar e perfurar a rocha do leito do mar, tendo em vista que a solução apresentada pelo consórcio vencedor — cravação de camisas metálicas por meio de equipamento de escavação rotativa, com equipamento Cadwell — se mostrou inviável tecnicamente. Além disso, era necessário entregar a obra no prazo estabelecido.

Foram contratadas as empresas alemãs de equipamentos Bade e Wirth (Fig. 3). A entubadora Bade permite cravar no terreno um tubo de 25 mm de espessura e 2,2 m de diâmetro, com movimento horizontal rotativo alternado e esforço vertical aplicado no tubo com macacos hidráulicos. A extremidade inferior do tubo possui uma coroa dentada que corta o terreno, sendo ele emendado com parafusos.

A perfuratriz Wirth trabalha dentro do tubo, em geral atrasada cerca de um a dois metros em relação à coroa dentada, para evitar desmoronamentos. Ela é acionada por motor hidráulico apoiado na parte superior do tubo Bade. A ferramenta de corte, formada por roletes dentados de aço,



Figura 3 — Em primeiro plano, um tubo tremie, em segundo, a perfuratriz Wirth e em terceiro, segmento do tubo Bade — FONTE: PFEIL, 1975

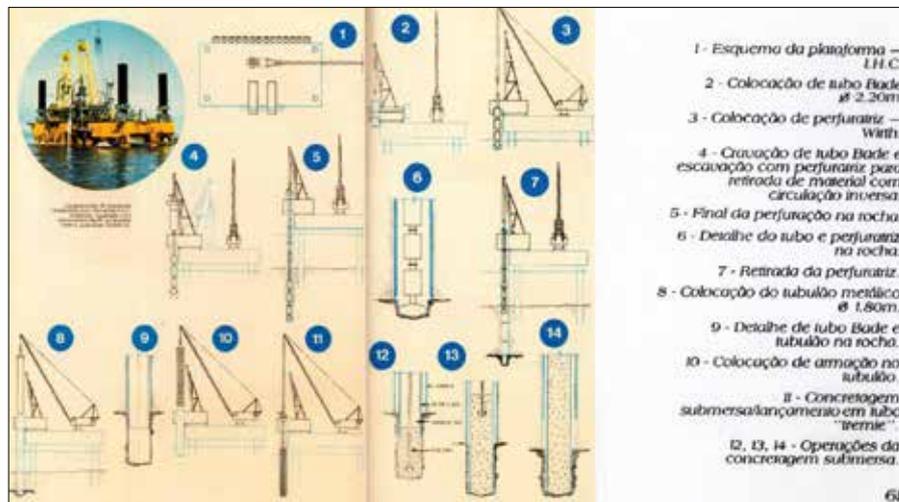


Figura 4 — Sequência de escavação e concretagem com o equipamento Bade-Wirth

desagrega o terreno ou rocha por movimento rotativo contínuo, sendo o material desagregado removido pelo sistema de elevação reversa.

A sequência de escavação com o equipamento Bade-Wirth pode ser descrita pelas etapas (Fig. 4):

- ▶ O equipamento Bade-Wirth é montado em plataforma flutuante de aço soldado, com pernas extensíveis de até 50 m, que permitem que se levantem acima do nível do mar, ficando estacionárias nos locais de trabalho — essas ilhas flutuantes ilhas elevatórias foram fabricadas no estaleiro Ishikawagima, na localidade Ponta do Caju, no Rio de Janeiro, pertencente à multinacional japonesa Ishikawagima-Harima (IHC);
- ▶ O tubo Bade é cravado até terreno firme, começando com um tubo de 9 m de comprimento, no qual se emendam pedaços de tubos de 6 m;
- ▶ Introduce-se a perfuratriz Wirth, mantendo-se a cravação do tubo Bade e a perfuração com a ferramenta Wirth, sendo que esta avança meio metro adiante da face do tubo, quando o terreno se mostra de difícil penetração;
- ▶ A ferramenta Wirth prossegue a escavação, penetrando na rocha sem revestimento, até que o rendimento se reduza a um metro por hora, com carga de 30 toneladas, sendo acompanhada pelo tubo Bade;
- ▶ A cota final de escavação fica no mínimo três metros abaixo da cota da face do tubo Bade.

Na sequência, inseria-se uma camisa

metálica com espessura de 9,5 mm e diâmetro de 1,8 m, com guindaste, ficando sua extremidade inferior cerca de dois metros abaixo da face do tubo Bade. A armadura, também montada com guindaste, é instalada dentro da camisa metálica, podendo atingir a cota de até 50 m. Em seguida, coloca-se um tubo "tremie" no interior da camisa metálica para executar a concretagem submersa, quando é removido o tubo "tremie" e o tubo Bade. A camisa metálica serviu como fôrma permanente das fundações submersas.

2. CONCRETAGEM SUBMERSA

Dos 560 mil metros cúbicos de concreto usados na Rio-Niterói, 77 mil metros

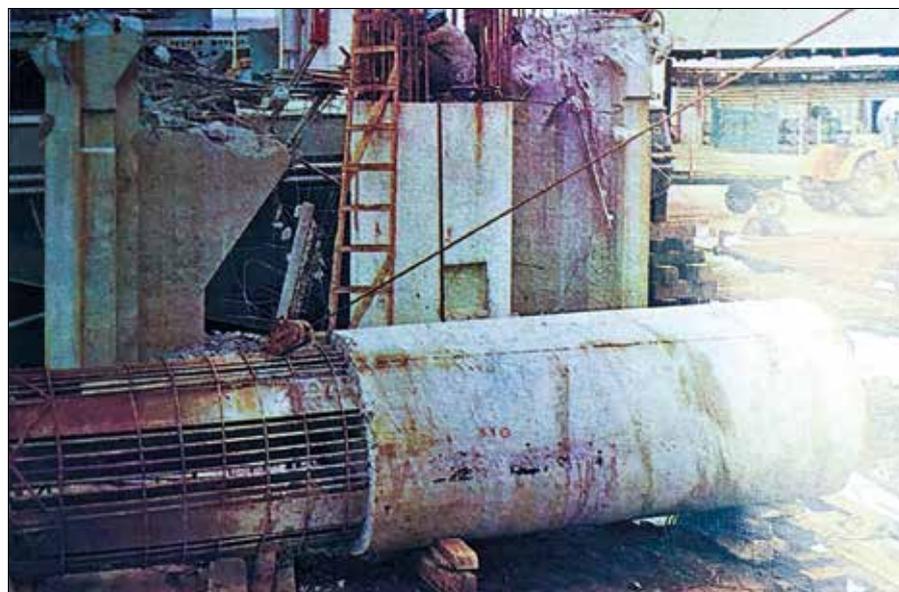


Figura 5 — Tubulão experimental construído no canteiro do Fundão — FONTE: PFEIL, 1975

cúbicos foram aplicados nas fundações submersas, tanto nos tubulões com estacas metálicas quanto nos tubulões Bade-Wirth.

Nas partes enterradas, a camisa metálica foi considerada como permanente e o concreto submerso foi dosado para atender às solicitações de flexo-compressão, com especificações de resistência mecânica, homogeneidade, baixa segregação e capacidade de envolver totalmente a armadura, num volume confinado.

Já, o concreto das fundações acima dessa cota deve, além de resistir à flexo-compressão, proteger a armadura em seu interior contra a corrosão eletrolítica provocada pelo ingresso de cloretos da água do mar, uma vez que a camisa sofre corrosão e desaparece estruturalmente após décadas.

Por isso, o concreto para os tubulões foi dosado com cimento resistente a sulfato, sendo também experimentado o cimento de alto-forno, que apresentou grandes variações de trabalhabilidade (PFEIL, 1975).

O concreto usou um cimento especialmente desenvolvido na época pela cimenteira "Paraíso" com teor de aluminato tricálcio de 5% — Cimento Portland resistente a sulfatos — e apresentou uma relação água/cimento em torno de 0,45. A quantidade de cimento no traço do concreto girou em torno de 470 kg/m³.

"O concreto da época utilizava um cimento de menor resistência e com grãos

maiores. Por isso, o consumo de cimento foi alto”, explica o chefe do projeto das estruturas da Ponte Rio-Niterói, Eng. Benjamin Ernani Diaz.

A espessura de cobrimento de armadura adotada foi de 10 cm, conforme recomendação da norma rodoviária norte-americana AASHTO e do consultor Richard Stratful, engenheiro da *California Department of Highways*.

No canteiro de obras da Ilha do Fundão foram executados 12 tubulões experimentais com camisas metálicas de diâmetro de 1,80 m e comprimento de 9 m (Fig. 5). Alguns tubulões experimentais foram também concretados no mar e sondados.

Os estudos realizados levaram à conclusão de que o concreto submerso executado era estruturalmente equivalente ao concreto vibrado executado a céu aberto.

A qualidade do concreto foi controlada por meio de corpos de prova moldados e extraídos com sonda rotativa. As principais propriedades medidas foram: resistência à compressão; peso específico aparente do concreto seco; absorção de água; e porosidade.

O processo de concretagem submersa era feito de baixo para cima, por meio de um tubo de 10 polegadas de diâmetro, formado por segmentos de cinco metros de comprimento, emendados por flanges aparafusados, com vedação de borracha. Na sua parte superior, o tubo apresentava um funil em forma de tremonha, onde o concreto era lançado com caçamba movida com guindaste. Posteriormente, foi eliminado o funil e o concreto foi bombeado diretamente dentro do tubo.

Levanta-se suavemente o tubo à medida que o concreto é lançado, mas mantendo-o sempre mergulhado dois a três metros no concreto da camisa. A concretagem submersa é finalizada com o extravasamento da borra pela gola, garantindo-se um concreto de boa qualidade no topo da camisa metálica.

Todo o concreto usado na Rio-Niterói foi produzido nos canteiros de obra do Consórcio Construtor Guanabara. Além do concreto submerso para as fundações, foram desenvolvidos concretos para outros elementos estruturais, como blocos de fundação, pilares e aduelas pré-fabricadas — essas produzidas no próprio canteiro central.

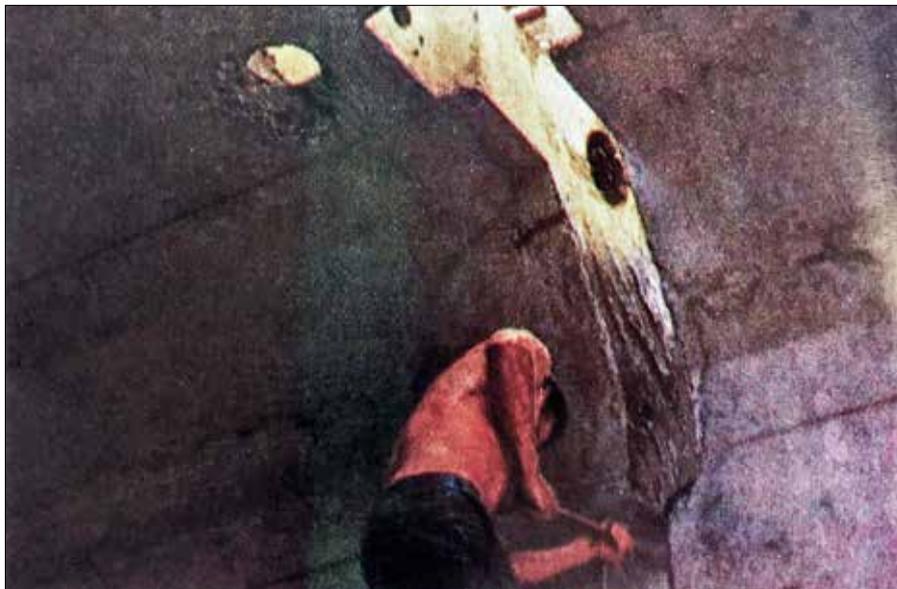


Figura 6 — Aplicação de cola epóxi na superfície de contato das aduelas — FONTE: PFEIL, 1975

3. ADUELAS PRÉ-MOLDADAS COLADAS AGILIZOU A CONSTRUÇÃO

O projeto estrutural definitivo da Ponte Rio-Niterói foi inteiramente desenvolvido pela Noronha Serviços de Engenharia, sendo os engenheiros Antonio Alves Noronha Filho e Benjamin Ernani Diaz os principais responsáveis pelo projeto.

A estrutura da ponte foi concebida para ser simples e robusta, dando agilidade à execução e facilitando a manutenção. As fundações foram coroadas por um bloco de concreto armado que as unia, sobre o qual erguia-se o pilar de concreto armado. O projeto especificava no mínimo 10 estacas por pilar. Por sua vez, os pilares edificados, todos com a mesma forma, apresentando no topo largura de 2,7 m e espessura mínima de 23 cm, recebiam as aduelas pré-moldadas, composta por caixões retangulares (4,8 m x 4,7 m), unidos dois a dois por uma laje superior com vão de 80 m, protendida transversalmente com 12 cabos de 8 mm, com transversina sobre os apoios e sem transversinas no vão. As vigas contínuas formadas pela junção das aduelas, normalmente com cinco vãos, são espaçadas, a cada 400 m, por aduelas de rótula, que servia como junta de dilatação, para suportar as deformações térmicas e mecânicas da ponte.

As resistências previstas para as aduelas

foram de 300 kg/cm² (aduelas correntes, com 105 t) e de 350 kg/cm² (aduelas de apoio e aduelas de articulação).

Durante a montagem, as aduelas são untadas com resina epóxi nas faces de contato (Fig. 6), encostadas e apertadas com cabos provisórios ancorados em saliências no interior das aduelas até que a cola adquira certa resistência. Em seguida, elas são protendidas longitudinalmente, com cabos longitudinais retos, com 12 cordoalhas formadas por fios de aço de 12,7 mm de espessura, com ancoragens de aço forjado do tipo Freyssinet.

As cordoalhas foram fabricadas no Brasil pela Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, atendendo às especificações norte-americanas ASTM-A416.

Para simplificar a execução, os cabos não atravessam a alma da viga, ancorando-se nas mísulas das lajes.

Ao todo foram cerca de 43 mil cabos protendidos com ancoragens produzidas pela STUP — Sociedade Técnica para Utilização da Protensão, representante da empresa francesa Freyssinet.

A opção pela colagem das aduelas com resina epóxi foi feita em razão da agilidade executiva. “Com a colagem, as aduelas se justapõem precisamente, porque foram pré-fabricadas justapostas, e, ao protendê-las, em poucas horas consegue-se uma resistência adequada para que a execução prossiga normalmente”, explica Ernani.



Figura 7 — Montagem das aduelas com treliças metálicas

Com a solução, as treliças contínuas sobre dois vãos montavam um duplo balanço de 80 m em cinco dias, o que correspondeu a produção de montagem de 13 m lineares de aduelas por dia (Fig. 7).

Outra forma de construir as aduelas seria armá-las e concretá-las no local. Mas, neste processo, a execução só pode prosseguir após o concreto adquirir uma resistência adequada e segura, o que pode demorar vários dias. Neste caso, as treliças montariam o duplo balanço de 80 m em cerca de 25 dias, o que corresponderia a uma produção de montagem seria de 3,2 m por dia, cerca de 20% do obtido com aduelas coladas.

Foram utilizadas quatro treliças na montagem, que avançaram na direção do vão central, duas saindo do Rio de Janeiro e duas, de Niterói. As treliças foram equipadas com guinchos elétricos para içar as aduelas e para deslocar a própria treliça, a cada oito pares de aduelas coladas. Uma novidade na época foi a montagem de aduelas com treliças em trecho curvo.

O projeto previu que nos três vãos centrais, principal com 300 m e dois secundários de 200 m, fosse montada uma estrutura de aço em vigas caixão, cujo projeto ficou a cargo da Howard Needles Tammen & Bergendoff International (HNTB). Trata-se ainda de um recorde mundial.

As juntas das lajes superior e inferior trabalham praticamente com tensões normais de flexão. A resistência das juntas coladas foi demonstrada por diversos ensaios de resistência à compressão normal ou inclinada de corpos de prova ou de ruptura de vigas coladas.

Um dos ensaios de ruptura de vigas coladas foi realizado em um Laboratório de Munique, na Alemanha, em um segmento de aduelas coladas representan-

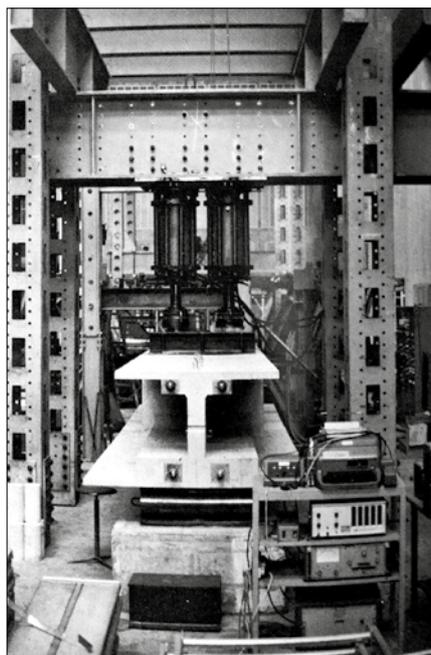


Figura 8 — Viga de ensaio de Munique —

FONTE: PFEIL, 1975

do a Ponte Rio-Niterói na escala de 1:6, sujeitas a momentos e esforços cortantes para provocar ruptura por cisalhamento (Fig. 8).

Este ensaio demonstrou que a resistência da junta sob tensões normais de compressão é determinada pela resistência do concreto adjacente e que, na ruptura de vigas coladas, sob efeito de cisalhamento e flexão, o mecanismo é o mesmo de uma viga concretada sem juntas.

As resinas epoxídicas têm resistências à compressão superiores ao do concreto armado convencional, porém são sensíveis à temperatura, tornando-se viscosas para temperaturas acima de 60°C.

Toda a resina epóxi, cerca de 235 mil quilos, foi fabricada e aplicada pela empresa da época Cyba-Geigy e ensaiada pela equipe de supervisão da obra, uma exigência do projetista. Ela foi especificada para manter-se estável a temperaturas altas e ser compatível com o concreto. A mistura considerada adequada foi a resina pulverizada com sílica, entregue pronta pela empresa fornecedora.

O controle de resistência da cola durante a montagem foi feito em ensaios de flexão de vigotas de 4 cm x 4 cm x 16 cm, que eram curadas nas mesmas condições ambientais da junta. “Este ensaio salvou a montagem numa ocasião e evitou desastres!”, alerta Ernani. Ele conta que, numa das aplicações da resina, o epóxi não deu pega em poucas aduelas montadas. “Todo o trecho da emenda na alma da viga foi demolido e refeito com concreto de alta resistência e pega ultrarrápida”, explica. A situação problemática ilustra como a obra foi indutora de desenvolvimento tecnológico, uma vez que foi preciso conceber e dosar um concreto com baixa trabalhabilidade e alta resistência mecânica.

O peso da aduela colada transfere-se à estrutura através dos três dentes da viga, quando a cola ainda está viscosa, o que permite a transmissão de esforço cortante em metade da área da alma, sem considerar qualquer participação da cola. A aduela seguinte é colocada quando a cola já está dura, resistindo ao cisalhamento.

O projeto baseou-se nos modelos estruturais usados: na Ponte da Ilha de

Oleron (Fig. 9), ponte construída com aduelas pré-moldadas coladas, com vãos de 79 m, construída em 1966, pela Campenon Bernard, firma francesa que forneceu as fôrmas metálicas para a fabricação das aduelas da Rio-Niterói e a treliça metálica para sua montagem; e na Ponte sobre o vale do Sieg, na Alemanha, construída em 1969, que conseguiu vencer o vão de 105 m, com altura constante (Fig. 10), usando treliça de aço em balanços sucessivos, metodologia construtiva da Rio-Niterói. Estas duas pontes serviram de modelo para a ponte brasileira.

As aduelas foram fabricadas em canteiro na Ilha do Fundão, projetado em linha, com quatro praças:

- ▶ Praça de armação: a armação era totalmente montada em gabaritos de madeira;
- ▶ Praça de concretagem: dez conjuntos de fôrmas metálicas dotados de mecanismos hidráulicos de montagem e desforma, sendo cada aduela concretada em contato com a aduela anterior;
- ▶ Praça de armazenamento: dois pórticos rolantes Munck, com capacidade de 105 t, permitem arrumar as aduelas em dois andares;
- ▶ Praça de embarque: os pórticos rolantes colocavam as aduelas sobre os flutuantes de concreto armado, rebocados para o local de montagem.

Um detalhe importante do projeto foi a especificação do concreto e da cobertura das armaduras. Por estar num meio agressivo, com elevada temperatura, umidade e salinidade, os concretos das estruturas da ponte foram especificados para conter um alto teor de cimento, para manter sua alcalinidade e, assim, inibirem a corrosão das armaduras. O projetista estabeleceu também que a resistência mínima fosse de 30 a 35 MPa, resistência característica à compressão dos elementos da superestrutura.

Chama a atenção também a esbeltez da relação entre vão e altura da viga de 16,5, o que determinou o menor consumo de cabos de protensão.

A Rio-Niterói pode ser completamente vistoriada andando-se pela laje inferior, o que facilita sua manutenção.



Figura 9 — Ponte de Oleron, na França

BENJAMIN ERNANI

4. PROJETO ESTRUTURAL DESENVOLVIDO NO COMPUTADOR

Todo o projeto foi desenvolvido em computador, fato inédito no Brasil. O computador usado foi um IBM 1130, que só existiam, na época, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, no Instituto Militar de Engenharia e na Embraer.

Os projetistas da Noronha Engenharia, Antonio Noronha, Bernardo Golebiowski e Ernani Diaz desenvolveram os programas. Este último desenvolveu o programa de vigas contínuas (Viga Reta de Ponte — VIRP), programado em linguagem Fortran, para determinar o diagrama final das cargas advindas do peso da ponte e da protensão, quando a montagem estivesse finalizada. Além disso, o programa determinava também os esforços provocados por cargas móveis sobre a ponte (trem-tipo rodoviário).

Este programa foi especialmente desenvolvido para o projeto da Ponte Rio-Niterói, servindo apenas para análise de pontes com vigas retas.

Ernani desenvolveu também o programa de Estruturas Prismáticas Lami-

nares, para a análise de estruturas sem transversinas, com base num artigo publicado nos anais da Associação Internacional de Engenharia Estrutural para Pontes (IABSE), em 1968. O artigo desenvolveu uma matriz de rigidez perfeita unindo as placas planas retangulares. Com a matriz matemática foi possível desenvolver o programa de análise. “A irmã do Noronha, Moema, professora de matemática, verificou se as deduções do artigo estavam corretas”, lembra-se Ernani.

As vigas tipo barriga de peixe (barrigudas) foram inicialmente projetadas pelo Antonio Noronha com transversinas intermediárias, que foram posteriormente retiradas. Como o tabuleiro da Rio-Niterói era de largura variável, cada viga tinha um comprimento diferente, de modo que os apoios das transversinas intermediárias teriam também que ser variáveis. Seria preciso também desenhar cada transversina, com armaduras diferentes e comprimentos variados, bem como preparar as fôrmas para cada trecho. Isto tudo dificultava a execução.



Figura 10 — Ponte Sieg, na Alemanha

BENJAMIN ERNANI



Figura 11 — Execução das fundações na Baía de Guanabara nas plataformas flutuantes — FONTE: PFEIL, 1975

Com esses dois programas e mais o auxílio dos programas STRESS, do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), primeiro programa de análise do mundo, foi possível projetar a Rio-Niterói.

“Sem o computador não seria possível projetar a Ponte Rio-Niterói no devido tempo, defende Ernani.

A locação dos pilares no mar, os comprimentos das vigas pré-moldadas e a locação dos pilares nos acessos do Rio de Janeiro e Niterói foi feita com o programa COGO, desenvolvido também pelo MIT, que estabelece coordenadas de localização dos elementos, como as estacas (Fig. 11). “Um trabalho sem erro nenhum, feito pelo engenheiro Antonio Eulálio Pedro de Araújo”, informa Ernani.

O Bernardo Golebiowski desenvolveu o programa de estaqueamento, que considerou que as estacas não estavam apoiadas ao longo do comprimento do solo, mas apenas apoiadas na base.

5. PROFISSIONAIS ARROJADOS

A simplificação do projeto estrutural, com a padronização de fundações, pilares e aduelas, possibilitou, com o uso de técnicas construtivas correntes — concretagem submersa, fôrmas deslizantes e treliças metálicas — que a obra avançasse rápido, conforme o cronograma exigido pelo governo militar. Mas isto só se concretizou com o apoio de profissionais competentes, que não se furtavam em resolver engenhosamente os problemas surgidos na execução.

Alguns casos são emblemáticos. O Consórcio Construtor Rio-Niterói planejou executar o tabuleiro em duas etapas: uma camada inicial de 15 cm e outra de sete centímetros, para que os cabos de protensão fossem dispostos nesta última camada. Porém, Bruno Contarini e Mario Vila Verde, diretor técnico e superintendente técnico do Consórcio Construtor Guanabara, decidiram concretar o

tabuleiro de uma só vez. O projeto inicial foi modificado para que os cabos protendidos fossem enfiados na estrutura. As bainhas especificadas eram lisas e praticamente retas. “Funcionou a mil maravilhas, sem absolutamente nenhum problema sério!”, comenta Ernani, para completar: “O Bruno pegava o projeto oficial e imaginava um método construtivo modificando este projeto. Ele era um engenheiro com grande arrojado e competência”.

Outro caso foi a substituição dos apoios provisórios de aço, que uniam a viga da ponte com os pilares, por permanentes, de neoprene. O Bruno Contarini, depois de finalizada a montagem de 17 aduelas, cada uma pesando cerca de 100 toneladas, levantou o conjunto usando quatro macacos tóricos, para retirar os apoios fixos e colocar os apoios de neoprene. E fez isso cerca de 200 vezes!

Já, o Mario Vila Verde projetou uma fôrma de concreto para concretar um bloco de fundação com face inferior abaixo do nível do mar, exigência da firma inglesa responsável pelo projeto e execução do vão central de aço. A forma pré-moldada foi concretada acima do nível do mar e depois arriada até deixar um curto trecho acima do nível do mar.

A Ponte Rio-Niterói foi entregue em 15 de janeiro de 1974, quando Mario Andrezza percorreu a ponte de carro. Ela foi inaugurada em 04 de março, poucos dias antes do general Emílio Médici passar o posto de presidente.

Na época de sua inauguração era a terceira maior ponte do mundo, atrás apenas da Ponte do Lago Pontchartrain (38 km), na Louisiana, e Chesapeake Bay Bridge (29 km), na Virgínia, ambas nos Estados Unidos.

No primeiro ano, atingiu a marca de 20 mil veículos por dia, que deixaram de embarcar, atravessar a Baía e desembarcar, viagem que demorava até duas horas.

Hoje, ela recebe 180 mil veículos por dia, aproximando-se de sua saturação. 🚗

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PFEIL, Walter. Ponte Presidente Costa e Silva, Rio-Niterói: métodos construtivos. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.
- [1] VASCONCELOS, Augusto Carlos de. O concreto no Brasil. São Paulo: Pini, 1992.