

Considerações Sobre a Ligação Rio-Niterói ()*

II

ENG. ALBERTO LÉLIO MOREIRA

Membro do Clube de Engenharia e do Instituto
de Engenharia Legal

XIII

O TEMPO DE CONSTRUÇÃO

O fator "tempo de construção" é muitas vezes decisivo quando se pretende realizar uma obra dessa natureza; — a construção de túneis, mormente os subaquáticos, é uma realização sob constantes pesquisas e sempre assediada por incertezas; — por esse motivo é muito difícil se predizer a data em que um túnel deverá ficar pronto.

Por outro lado, a engenharia de pontes maneja com fatos indiscutíveis, encontrados cientificamente, e a estrutura é inteiramente controlada pelo homem, a céu aberto; — daí decorre uma facilidade de planejamento prévio, em bases seguras, e a garantia de um prazo de execução às vezes antecipado.

Um caso bem marcante é o que ocorreu com o túnel Queens—Midtown e a ponte Bronx-Whitestone (Fig. 11) ambos em Nova Iorque; — essas obras foram programadas para estarem prontas a 30 de abril de 1939, data prevista para a inauguração da Feira Mundial de Nova Iorque; — embora o túnel tenha sido iniciado bastante antes da ponte, só foi terminado em fins de 1940, enquanto a ponte era inaugurada na véspera da Feira.

No quadro anexo, podemos apreciar os tempos de construção dos 15 maiores túneis do mundo, todos eles de comprimento entre portais superior a um quilômetro. (Quadro 1)

(*) Continuação do artigo que publicamos com o mesmo título, no número do 4º trimestre de 1962.

Dêses 15 túneis, os dois maiores do mundo, o Kannon, de Moji a Shimonoseki, no Japão, e o Queensway, de Liverpool a Birkenhead, sob o Rio Mersey, na Inglaterra, foram construídos pelo método da escavação em rocha; — dos restantes, sete foram construídos pelo método do escudo e os outros seis foram construídos pelo método de escavação de uma trincheira onde são colocadas secções pré-fabricadas.

À exceção de Mosa, em Rotterdam, Holanda, que é de secção retangular, todos êses túneis são de secção circular e, à exceção do Queensway, que tem quatro pistas de tráfego, em um só tubo, todos têm só duas pistas de tráfego em cada tubo; — é conveniente todavia salientar que, conquanto quase todos os túneis apresentem uma largura média da pista de rolamento de 7.00 m para dois carros (3.50 m para cada um), no túnel Queensway essa largura é de sòmente 11.00 m para quatro carros (2.25 m para cada um), o que, sem dúvida, aumenta o risco de acidentes.

No túnel Kanmon, foi disposta uma pista, no piso inferior, para pedestres e ciclistas e, no túnel do Mosa, êsse movimento foi previsto em duas pistas laterais, sobrepostas e inteiramente separadas do movimento de veículos; — *nos demais túneis é vedada a passagem de pedestres ou ciclistas.*

Êses túneis foram construídos em várias profundidades, mas o que atinge o ponto mais profundo é o Queensway, com 51 metros abaixo do nível das águas, seguido pelo Kanmon, com 45 metros no ponto mais baixo.

O túnel mais extenso do mundo é o Kanmon, que mede 3.460 m entre portais e é seguido pelo Queensway, que mede 3.425 m, mas a maior extensão sob água cabe ao túnel de Hampton Roads, em Norfolk, Estados Unidos, com 2.080 m, seguido pelo Brooklyn—Battery, em Nova Iorque, com 1.730 m; — estranho como possa parecer, o maior túnel do mundo entre portais está em 9º lugar em comprimento sob água, com sòmente 730 m.

Nessa relação, há túneis que foram construídos em 2 anos e 2 anos e meio, mas são os menores; — o maior dêles, o Kanmon, levou nada menos de 21 anos em construção, e o Lincoln, em Nova Iorque, levou 12 anos, mas êses números têm pouca expressão se não forem comparados com os respectivos comprimentos das obras, isto é, os tempos de construção por metro de túnel.

Êses tempos de construção unitários variam desde 165 metros por ano, para o Kanmon, até 928 metros por ano, para o Patapsco, em Baltimore, Estados Unidos, que é o túnel que,

embora o mais caro de todos, foi construído mais rapidamente no mundo.

O projeto da Société Française d'Études et Entreprises prevê um túnel, escavado na rocha, a 90 metros de profundidade no ponto mais baixo (quase o dobro do mais profundo do mundo) com 5.600 m de extensão sob água (cerca de 2,5 vezes o maior do mundo sob água) e com 6.105 metros de comprimento entre portais (quase o dobro do maior do mundo); — se adotarmos as médias de 165 m/ano do túnel Kanmon ou de 380 m/ano do túnel Queensway, que são os mais comparáveis, não só pelo comprimento mas porque também foram escavados em rocha, concluiremos que o túnel da Études et Entreprises levará entre 16 e 37 anos para ligar o Rio a Niterói.

Não será lícito fazermos uma comparação dessa natureza com os outros túneis porque o tipo de construção é completamente diferente, mas, ainda que o projeto da Études et Entreprises fôsse modificado para construir o túnel pelo processo da trincheira, com secções pré-fabricadas, de modo a imitar a construção do Patapsco, concluiremos que essa obra levaria, no mínimo 6,6 anos.

O acima exposto deixa claro que deve ter havido engano na estimativa daquela empresa francesa quando, no seu projeto, estabeleceu o prazo de somente 3 (três) anos para a realização da obra.

Por outro lado, sem apresentar um projeto definitivo como o da Études et Entreprises, o Comitê Pró-Construção do Túnel Rio—Niterói tem-se batido pela imprensa no sentido de que seja adotado o traçado Gragoatá—Calabouço em vez do da Praça Mauá à Av. Feliciano Sodré, bem como o emprêgo do processo da trincheira com secções pré-fabricadas.

Quer-nos parecer que o traçado defendido pelo Comitê é evidentemente mais lógico por ser mais curto quase 2.500 metros, pois só com essa diferença daria para se construir um outro túnel da extensão do Lincoln, o 5º do mundo em comprimento!

Objeta-se a traçado Gragoatá—Calabouço alegando-se o congestionamento que essa obra iria trazer ao Rio nas imediações da Esplanada do Castelo, mas tal argumento é evidentemente improcedente primeiro, em vista do escasso tráfego existente e do previsto para além do ano 2.000 e, depois, porque existem soluções para evitar o congestionamento por meio de trevos, pistas rebaixadas e pistas elevadas, como no caso da Avenida Perimetral, em construção; ademais, nesse caso, a considerável diferença no custo compensaria um pequeno congestionamento que fôsse inevitável.

A objeção que se deve levantar contro o projeto do Comitê é que absolutamente não estamos aparelhados para construir êsse túnel pelo processo da trincheira com secções pré-fabricadas; — de fato, a construção dessas secções, verdadeiros navios, com 97 metros de comprimento por 11 m de diâmetro cada um, exige um parque de construção naval bem aparelhado, de que não dispomos.

Para a construção das secções pré-fabricadas do túnel sob o Patapsco, em Baltimore, inaugurado há sòmente 2 anos, foram contratados os serviços de 3 diferentes estaleiros: um de Baltimore, um em Sparrows Point (ambos no Estado de Maryland) e um em Camden (no Estado de Nova Jérsei).

Observe-se que, mesmo pelo traçado do Comitê, o túnel Rio—Niterói resultaria com um comprimento entre portais mais de uma vez e meia maior que o Patapsco, pois que êste tem 2.320 m e o Rio—Niterói teria 3.560 m (*ainda 100 metros a mais do que o maior do mundo*); — também no tocante ao comprimento sob água, o traçado do Comitê ainda supera em quase 600 metros o túnel de Hampton Roads, o maior comprimento sob água no mundo (2.600 metros contra 2.080 metros).

Se adotarmos para o traçado Gragoatá—Calabouço as médias de 928 m/ano para construção do Patapsco, de 670 m/ano do túnel de Hampton Roads, de 625 m/ano do túnel de Detroit, nos EE.UU. a Windsor, no Canadá, de 360 m/ano do túnel George A. Posey, em Oakland, Califórnia, de 357 m/ano do túnel Mosa, em Rotterdam, Holanda, ou de 510 m/ano do túnel Elizabeth, em Norfolk, Virgínia, que são os mais comparáveis pelo comprimento e processo de construção, verificaremos que o *túnel pretendido pelo Comitê levará de 3.8 a 10 anos para ser concluído*.

Quer-nos parecer que o Comitê não andou bem informado, ou também se enganou, quando estimou que aquela obra poderia ser feita em sòmente 2 (dois!) anos.

Enquanto isso se passa com os túneis, observemos pelo outro quadro, o que se passa com as pontes. (Quadro 2)

Nesse quadro, estão relacionadas características de algumas das principais pontes do mundo para nos dar uma idéia para base de comparação.

Vimos que o túnel de construção mais rápida do mundo foi o Patapsco, com 928 metros por ano — êsse valor é verdadeiramente insignificante em face da velocidade de construção alcançada pelas modernas pontes, como é o caso da de Mackinac, em Michigan, com 2.285 m/ano (Fig. 12), a "Bay Bridge", de São

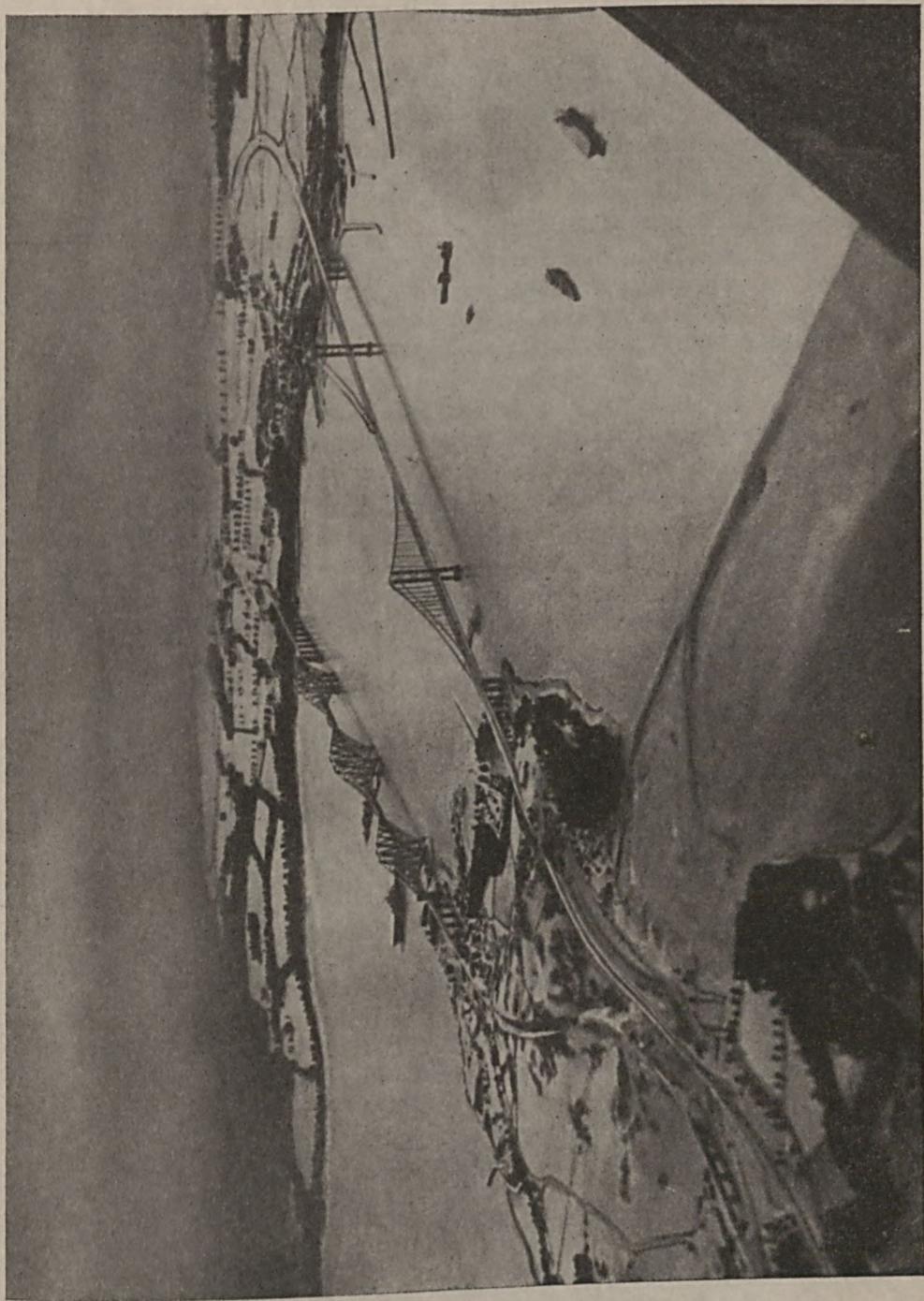


Fig. 15 — Pontes de Firth-of-Forth, em Edimburgo. A Base Naval de Rosyth fica a montante dessas pontes.

Francisco a Oakland, com 3.680 m/ano (Fig. 7), e o caso espetacular da de Pontchartrain, em Lousiana, com 23.900 m/ano! (Fig. 13).

Se pudessemos construir uma ponte, do tipo da de Ponchartrain, no traçado Gragoatá—Calabouço, ela poderia ser executada, *teoricamente, em menos de 2 meses!*

Com êstes fatos, acreditamos não ser necessário estudar o tempo de construção de nenhuma ponte em qualquer traçado, ligando o Rio a Niterói, pois está bem claro que, *no que se refere ao tempo de construção, as pontes levam tremenda vantagem sobre os túneis.*

Aqui mesmo no Rio de Janeiro temos dois bons exemplos da velocidade de construção de obras subterrâneas: um é a passagem para pedestres sob a Av. Presidente Vargas, próximo da Estação de D. Pedro II, e o outro é o túnel Catumbi—Laranjeiras.

A passagem para pedestres, com menos de uma centena de metros, levou mais de 7 (sete) anos para ser entregue ao público, e ainda está pela metade; — isto contribuiu para que o seu custo, que estava inicialmente previsto para Cr\$ 17.000.000,00, já tenha ultrapassado os Cr\$ 70.000.000,00.

Quanto ao túnel Catumbi—Laranjeiras, uma perfuração em rocha, de 1.285 metros de extensão, que deverá ser o maior da América do Sul, *foi iniciado em 1948, há 15 anos atrás, e até hoje não foi entregue ao público; — suas obras, avaliadas em 2.300.000.000,00, provavelmente custarão muito mais que isso e não se tem idéia de quando serão concluídas.*

XIV

O CUSTO DE CONSTRUÇÃO, DE OPERAÇÃO E DE MANUTENÇÃO

Êste é realmente um dos pontos nevrálgicos da execução de qualquer obra pública: são êsses custos que decidem, em última análise, se uma obra deverá ser levada avante, ser substituída por outra ou ser abandonada.

O custo de construção depende mais da técnica de construção que fôr empregada; — assim, duas pontes que forem projetadas para um mesmo local poderão ter custos inteiramente diversos se uma delas adotar o tipo pênsil e a outra fôr em arcos de concreto armado.

O custo da operação depende mais da natureza da obra; — assim, duas pontes de duas pistas cada uma, com a mesma ex-

tensão, geralmente exigem igual despesa de operação, mas já um túnel, também de duas pistas e com a mesma extensão, geralmente exige uma despesa de operação muito maior do que uma ponte no mesmo local; — isto se dá em virtude dos inúmeros serviços complexos que o túnel exige e que são dispensados na ponte.

O custo de manutenção, por sua vez depende mais do tipo de estrutura adotado e da sua maior ou menor complexidade de funcionamento; — assim, uma ponte metálica exigirá uma renovação constante de sua pintura a fim de evitar a ferrugem, enquanto que uma ponte de concreto armado poderá dispensar essa medida por longos anos; — de um modo geral, quanto mais mecanizada fôr a obra ou instalação, maior será o custo de manutenção devido às constantes reparações que as máquinas exigem.

Os equipamentos de bombeamento, ventilação, sinalização e iluminação exigem dos túneis verbas substanciais para atender à manutenção, enquanto que, nas pontes, a manutenção se limita quase que exclusivamente à pintura periódica e à substituição de lâmpadas queimadas quando essas pontes são iluminadas à noite.

Para têmos uma melhor idéia do custo de construção de túneis subaquáticos, voltemos ao quadro onde estão assinaladas as principais características dos 15 maiores túneis do mundo, todos êles com um comprimento entre portais superior a um quilômetro. (Quadro 1)

A simples indicação do custo total de construção dêesses túneis de nada adiantará se não tivermos em conta os seus comprimentos, o número de pistas e a técnica de construção empregada.

Nessa relação, verificamos que o maior túnel do mundo entre portais, o Kanmon, de Moji a Shimonoseki, no Japão, custou US\$ 22,000,000, sem incluir os juros passivos do capital empatado durante a construção; — sendo êsse um túnel de 3.460 m de extensão e com 2 pistas para veículos, vemos que nesse túnel foi alcançado o valor unitário de US\$ 3,178 por metro de túnel e por pista.

Da mesma forma, o túnel Queensway, de Birkenhead a Liverpool, na Inglaterra, que também foi construído pelo processo de escavação em rocha, alcançou a cifra de US\$ 1,445 por metro e por pista, custo êste bem menor do que o anterior porque, neste túnel, há 4 pistas para veículos, embora sua largura, de 11 metros, não seja recomendada para 4 pistas de tráfego.

Êsses valores são aquêles alcançados nas épocas respectivas das construções dêsses túneis; — para podermos fazer uma comparação lógica, será mister atualizarmos êsses valores de forma a sabermos quanto custariam *hoje* as execuções daquelas mesmas obras; — para essa atualização, lançamos mão do gráfico obtido da revista *Engineering News-Record*, de 20-3-1958, págs. 34/40, e de 24-3-1960, págs. 75/80; — êsse gráfico nos dá os índices de custo da construção nos Estados Unidos e, por êle, com razoável aproximação, poderemos saber quanto deverá custar, hoje, uma mesma obra feita, digamos, há 30 anos atrás. (Fig. 14)

A obra do túnel Kanmon foi executada de fins de 1937 a 9-3-1958, e considerando-se o fator de atualização de custo, de 2.2, indicado por *Engineering News-Record*, temos que *hoje* aquela mesma obra custaria *US\$ 6.990* por metro e por pista; — da mesma forma, o túnel Queensway, executado de 1925 a 19-7-1934, se fôsse executado *hoje* custaria *US\$ 5.490* por metro e por pista.

Nessa lista vimos os dois túneis escavados em rocha e portanto comparáveis com o projeto Rio—Niterói da *Études et Entreprises*; — vejamos agora qual o mais barato executado pelo processo do escudo.

A lista nos indica o túnel Holland, em Nova Iorque, com 2.600 metros de extensão e dois tubos de duas pistas cada um, construído de 1920 a 1927 por um total de *US\$ 55,000,000*; — se fôsse executado *hoje* êsse túnel custaria *US\$ 19,040* por metro e por pista.

E qual será o túnel mais barato, executado pelo processo de trincheira? — A lista nos indica o túnel de Hampton Roads, em Norfolk, Virgínia, Estados Unidos, com 2.280 metros de extensão e duas pistas de tráfego, construído de janeiro de 1955 a 1-5-1958 por um total de *US\$ 19,000,000*; — se fôsse executado *hoje*, êsse túnel custaria *US\$ 5,000* por metro e por pista.

Nestes comentários, não poderíamos deixar de lado o custo do túnel cuja construção detém o recorde mundial de velocidade de construção: o túnel do Rio Patapsco, em Baltimore, Maryland, Estados Unidos, com 2.320 m de extensão e dois tubos de duas pistas cada um, construído de 21-4-1957 a 30-11-1957 por um total de *US\$ 130,000,000*; se fôsse executado *hoje*, êsse túnel custaria *US\$ 16,800* por metro e por pista.

O processo da trincheira é o recomendado pelo Comitê Pró-Construção do Túnel Rio—Niterói, que quer localizar essa obra na linha Gragoatá—Calabouço.

Aplicamos agora êsses valores aqui apontados para o caso do túnel Rio—Niterói; — primeiramente será útil transformarmos

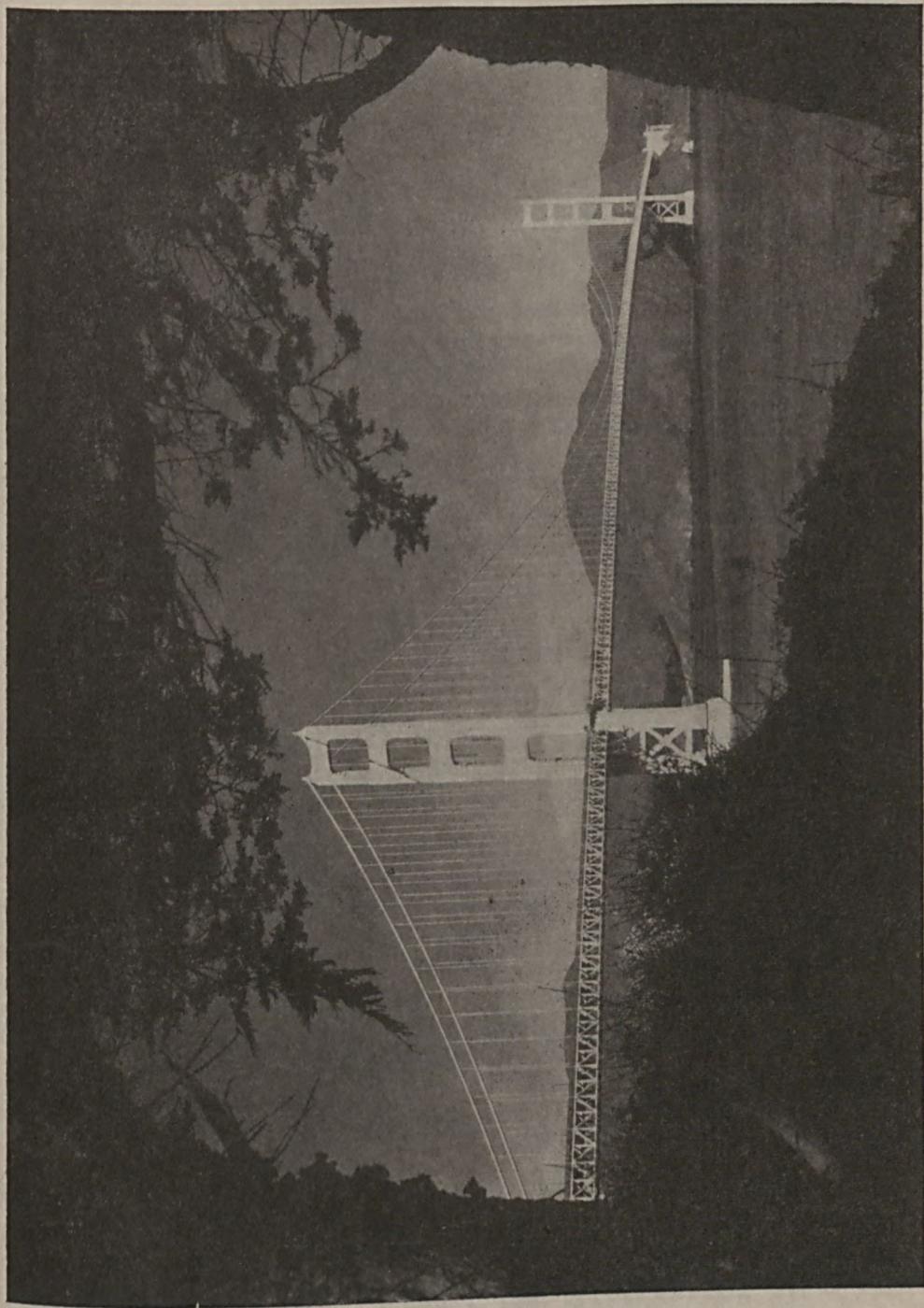


Fig. 16 — Ponte "Golden Gate" sobre a entrada da Baía de São Francisco. O maior vão do mundo.

esses custos unitários em cruzeiros, à razão de Cr\$ 200,00 por dólar, o que nos dará: (*)

Túnel Kanmon	Cr\$ 1.398.000,00/m/pista
Túnel Queensway	Cr\$ 1.098.000,00/m/pista
Túnel Holland	Cr\$ 3.808.000,00/m/pista
Túnel de Hampton Roads	Cr\$ 1.000.000,00/m/pista
Túnel do Patapasco	Cr\$ 3.360.000,00/m/pista

Convém aqui ressaltar que o baixo custo do túnel Kanmon se deve à mão-de-obra japonesa, por todos conhecida como extremamente barata, e o do túnel Queensway se deve não somente ao fato de se terem adotado 4 pistas, embora apertadas, mas também ao fato de a rocha naquele local ser extremamente macia, fácil de trabalhar.

No nosso caso, não poderemos contar nem com uma mão-de-obra tão barata quanto a japonesa, nem com uma rocha tão macia como a inglesa e nem poderemos admitir que os nossos órgãos técnicos aceitem a repetição do erro inglês de permitir 4 pistas de rolamento dentro de somente 11 metros de largura.

Pelo acima exposto, é de se esperar que, no nosso caso, o custo unitário venha a sair bem mais alto do que o do túnel japonês ou do túnel inglês, mas, mesmo que obtivéssemos esses mesmos valores, considerando-se que o túnel projetado pela Études et Entreprises é de 4 pistas (2 em cada tubo) e que medirá 6.105 metros entre portais, êle custará, comparando com o Kanmon, Cr\$ 34.139.000.000,00 comparando com o Queensway Cr\$ 26.800.000.000,00!

Quer-nos parecer que aquela empresa francesa se equivocou quando orçou aquela obra em somente Cr\$ 5.000.000.000,00!

Felizmente, que seja do nosso conhecimento, até agora nenhum projetista considerou empregar o método de perfuração com escudo, porque então, comparando-se o túnel Holland (o mais barato perfurado por esse processo) com o Rio—Niterói (traçado idêntico ao da Études et Entreprises), chegaríamos à soma astronômica de Cr\$ 93.000.000.000,00!

Se compararmos ao túnel Detroit—Windsor (executado pelo processo da trincheira), então a soma já chegará perto do total do meio circulante no Brasil: Cr\$ 152.600.000.000,00!

Consideremos agora o traçado indicado pelo Comitê Pró-Construção do Túnel Rio—Niterói, isto é, a linha Calabouço—Gragoatã e a construção a ser executada pelo método da trincheira; — esse traçado compreendeu dois tubos com 2 pistas de

(*) Hoje (dezembro de 1962), o dólar já se acha cotado a cerca de Cr\$ 800,00, de forma que esses valores devem ser quadruplicados.

rolamento em cada um e com a extensão de 3.560 metros entre portais.

Comparando-se então êsse projeto com o túnel mais barato construído pelo processo da trincheira, o túnel de Hampton Roads, concluiremos que essa obra custará, no mínimo, Cr\$ 14.240.000.000,00!

Se todavia compararmos com o túnel do Patapsco, o túnel mais moderno e de construção mais rápida no mundo, também executado pelo processo da trincheira, veremos que essa obra irá custar então Cr\$ 47.900.000.000,00!

À vista do exposto, quer-nos parecer que também o Comitê Pró-Construção do Túnel Rio—Niterói andou mal informado quando estimou aquela obra em sòmente Cr\$ 2.000.000.000,00!

Se êsse mesmo traçado do Comitê fôr comparado com outro túnel também executado pelo processo da trincheira, o Detroit—Windsor, concluiremos que essa obra não poderá ficar por menos de Cr\$ 88.800.000.000,00!

Vejamos agora, rapidamente, o que acontece com as pontes: enquanto o primeiro quadro consigna os custos unitários dos 15 maiores túneis do mundo, custos êsses que vão desde Cr\$ 6.240.000,00/m/pista até o mínimo de Cr\$ 1.000.000,00/m/pista, no outro quadro estão consignadas as principais características de 16 das maiores pontes do mundo; (Quadro 2) — por êsse quadro se vê que a velha ponte de Forth, em Edimburgo, na Escócia, uma estrutura metálica em "cantilever", com 2.520 m. (Fig. 15) nos apresenta o custo unitário mais elevado, com Cr\$ 3.580.000,00/m/pista, enquanto que os demais valores são bastante inferiores aos dos túneis, como é o caso da ponte sôbre o Lago Pontchartrain, na Luisiana, uma estrutura de concreto protendido, com 38.300 m de extensão, (Fig. 13) que custou a insignificância de Cr\$ 86.400,00/m/pista!

Essa comparação nos mostra que, a grosso modo, o custo por metro de pista de uma ponte poderá sair inferior à décima parte do custo de um túnel!

Já em 1939, o engenheiro norte americano F. H. FRANKLAND, em seu "Estudo econômico comparativo entre pontes e túneis", trabalho que tivemos ocasião de traduzir e fazer publicar no número de dezembro de 1957 da Revista do Clube de Engenharia, concluía que:

"... com travessias similares o custo por pista de tráfego para os túneis é de 2.3 a mais de 4 vezes o das pontes".

Não acreditamos ainda ser necessário continuarmos demonstrando que também os custos de operação e manutenção são bem mais elevados nos túneis do que nas pontes, pois que, naquele mesmo trabalho, FRANKLAND conclui que as despesas anuais de operação e manutenção de túneis por pista de tráfego montam, aproximadamente, 8 a 12 vezes aquelas das pontes.

Será conveniente não perdemos de vista que a tarifa do pedágio inclui parcelas de:

- a) amortização do custo inicial e juros;
- b) despesa de operação;
- c) despesa de manutenção;
- d) fundo de depreciação de maquinismo e equipamento;
- e) remuneração do capital invertido;
- f) outras despesas.

Ora, sendo tôdas essas parcelas maiores nos túneis do que nas pontes, daí resultará que sairá mais barato atravessar uma ponte do que um túnel e, *mesmo que não se tenha mais que amortizar o custo inicial e os juros e que não se tenha mais que remunerar o capital invertido*, o pedágio deverá permanecer em cobrança a fim de cobrir as outras despesas, que são permanentes e as quais *continuam maiores do que no caso de uma ponte*.

XV

ASPECTOS ESTRATÉGICOS DO PROBLEMA

Até hoje os oponentes à idéia da ligação Rio—Niterói através de uma ponte têm-se estribado no principal argumento de que, em caso de guerra, um inimigo poderia facilmente bombardear a ponte e, a uma tempo só, cortar a ligação Rio—Niterói e bloquear a entrada da barra, impedindo desta forma que a nossa esquadra pudesse sair ou vir servir-se da nossa principal base naval.

Quer-nos parecer que tal raciocínio só ficaria bem lá pelos primórdios da primeira guerra mundial, mas, hoje, em plena era atômica, dos foguetes teleguiados, dos satélites artificiais e dos cérebros eletrônicos, êsse pensamento enveredaria por aquêlê mesmo ridículo que enveredam todos os cegos que não querem ver.

O notável engenheiro norte-americano F. H. FRANKLAND tece alguns comentários de natureza estratégica que vale a pena reproduzir:

“Vários conceitos já têm sido emitidos com relação à vulnerabilidade das pontes no caso de bombardeio em

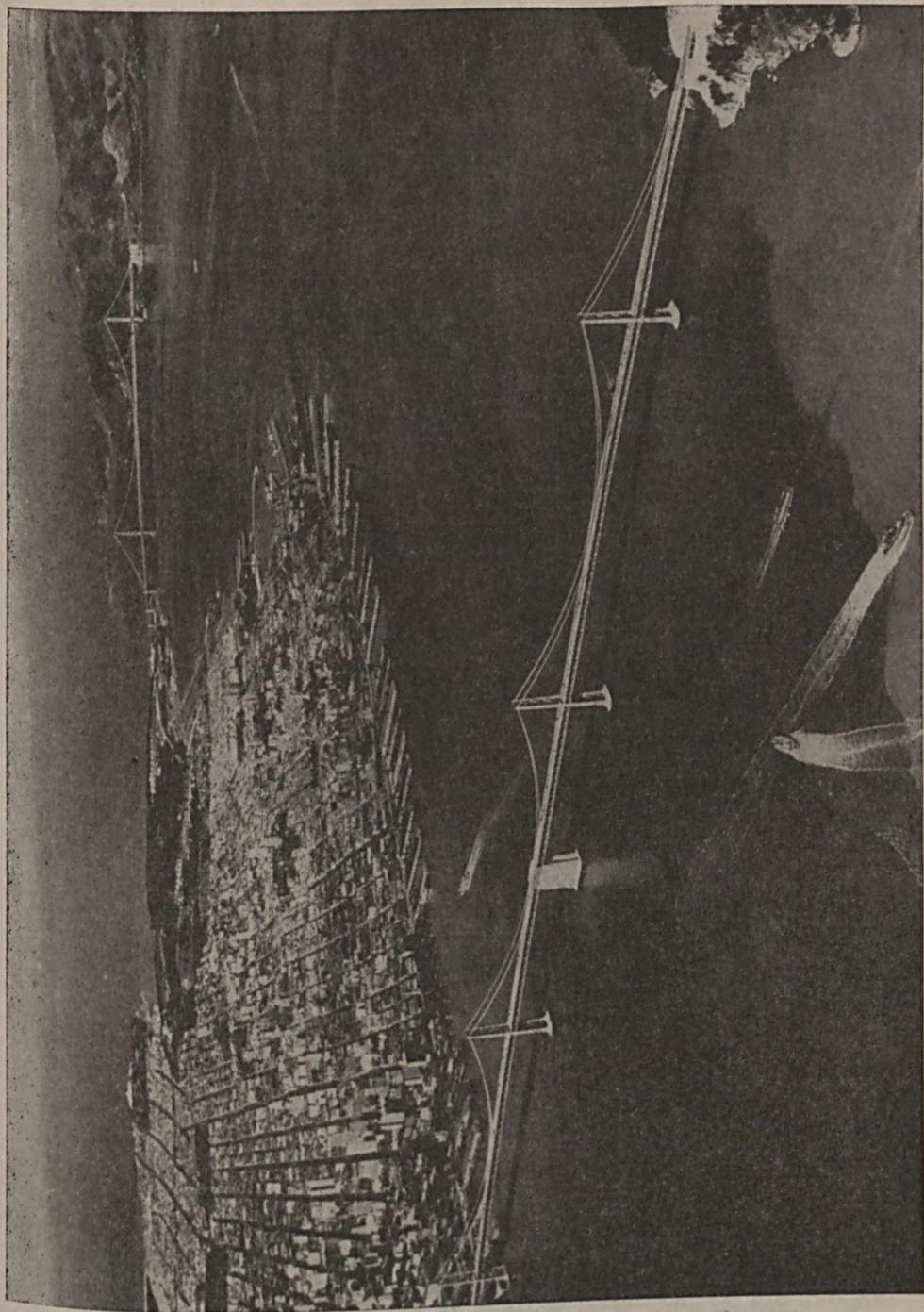


Fig. 17 — Ponte "Golden Gate", ao fundo a "Bay Bridge", de São Francisco a Oakland. Construídas ao mesmo tempo.

tempo de guerra. A verdade é que os túneis são muitas vezes mais vulneráveis à destruição por essas causas do que as pontes. Comparativamente será mais fácil destruir os túneis sob o Rio Hudson, deixando cair bombas em qualquer lugar até uma distância considerável do túnel, porque a água, praticamente incompressível, é um meio excelente para transmitir quase toda a concussão produzida pela explosão de uma carga de profundidade. A explosão de carga de profundidade, mesmo a boa distância, é um dos principais meios de destruição dos submarinos. Por outro lado, é extremamente difícil destruir grandes pontes suspensas por bombardeio ou tiro de canhão porque é absolutamente essencial que haja um impacto direto sobre as torres, ancoragens ou cabos principais para causar o colapso de tal estrutura. Por um custo comparativamente pequeno, uma ponte pênsil pode ser inteiramente imunizada contra ataques aéreos e uma guarda contínua pode decididamente evitar a destruição da passagem como foi demonstrado durante a Guerra Mundial (a 1ª).

Em seguida, prossegue o eng. FRANKLAND citando um relatório sobre riscos de destruição, durante uma guerra, de uma ponte pênsil sobre o estuário do Sena, próximo de Tancarville, na França, ponte essa que *foi realizada após a 2ª Guerra Mundial e inaugurada no ano passado*; — êsse relatório, assinado pelo Coronel L. Icre, e datado de 9 de junho de 1937, declara:

“Só se pode seriamente admitir a destruição da ponte no caso de uso de bombas superpoderosas com altos explosivos, quer colocadas diretamente sobre ou próximo da ponte por ação de sabotagem ou então deixadas cair de bombardeiros inimigos. Com relação à possibilidade de sabotagem, a precaução a ser tomada deve ser um simples trabalho de policiamento, fechando e guardando as partes vitais e acessíveis da ponte, tais como a entrada dos cabos nas ancoragens, bases das torres etc. Essa conhecida técnica de proteção é fácil de organizar, embora requeira um trabalho de vigia sem descanso. Deve ser lembrada a boa lição, ensinada pelos acontecimentos da guerra na Espanha, com a impressionante eficiência dos modernos canhões antiaéreos. Durante a Guerra Mundial (1ª) foi feita uma estimativa pela qual foram necessários 5.000 a 8.000 tiros para abater um avião e, mesmo com tão ridículo efeito, êsses canhões foram sempre respeitados pelas

fôrças aéreas inimigas. Hoje em dia os canhões anti-aéreos são dez vêzes mais eficientes e se tornaram o inimigo número um dos atacantes aéreos, substituindo em grande parte os aviões de caça do passado. O resultado é que uma bateria antiaérea bem equipada, colocada na vizinhança da ponte, efetivamente evitará que os bombardeiros inimigos se aproximem, voando baixo, e forçá-los-á a permanecer numa altura de cêrca de 5 quilômetros".

Como se vê, já antes da 2ª Guerra Mundial, era êste o pensamento do Exército Francês e não foi outro, agora, após a guerra, ao permitir, afinal, a construção da majestosa ponte de Tancarville, através do estuário do Rio Sena.

Da mesma forma que a França, outras grandes potências nos vêm dando seguidas lições sôbre êste assunto; — senão vejamos:

Na Inglaterra, barrando o estuário do Rio Forth — o Firth of Forth — ao norte de Edimburgo, foi construída, de 1883 a 1890, a ponte que é a maior estrutura em "cantilever" do mundo, com um comprimento total de 2.520 metros; — essa é, todavia, uma ponte sômente ferroviária e, como, daí para cá, cresceu a necessidade do trânsito rodoviário através daquele estuário, resolveram agora os inglêses iniciar a construção de outra ponte, paralela àquela, a montante e do tipo pênsil. (Fig. 15)

A montante dessas duas pontes, isto é, para dentro do rio, está situada a *Base Naval de Rosyth* e, nem por isso, os britânicos se preocuparam com um eventual bombardeio dessas pontes. Aliás, a antiga já atravessou galhardamente os bombardeios da primeira e da segunda Guerra Mundial.

Nos Estados Unidos, temos dois brilhantes exemplos: a Baía de São Francisco, na Califórnia, que muito nos lembra a Baía da Guanabara, e o Pôrto de Nova Iorque, o maior pôrto do mundo, e hoje talvez uma das cidades mais visadas no mundo em caso de guerra.

Na entrada da barra da Baía de São Francisco, foi construída a ponte pênsil que é a detentora do maior vão livre do mundo: a célebre *Golden Gate com 1.280 metros no vão central*: — dentro da Baía de São Francisco está, além de uma das mais importantes bases navais norte-americanas do Pacífico, um dos mais movimentados portos daquele oceano e aí, também, os "yankees" não se preocuparam com a idéia de bombardeio daquela estrutura que custou *US\$ 35,000,000!* (Fig. 16)

E' interessante observar que, *ao mesmo tempo que se construiu a Golden Gate*, se construiu também a "Bay Bridge", ligando São Francisco a Oakland, do outro lado da baía, uma ponte de dois pisos, com 13.250 metros de extensão total e que custou *US\$ 78,000,000!*

Por sua vez, a "Bay Bridge" isola a parte sul da baía, onde está a maior parte das instalações navais.

Hoje, a Baía de São Francisco é cortada por oito grandes pontes e se pensa em *duplicar* a "Bay Bridge", construindo-se uma réplica, paralela e a cêrca de 50 metros ao norte!

Em Nova Iorque, a situação é inteiramente diferente da de São Francisco: — a maior parte das instalações portuárias se situam na Ilha de Manhattan, mas também são importantes as instalações em Long Island (onde estão os estaleiros navais) e em Nova Jérsei.

A estrada do Pôrto de Nova Iorque pode ser feita, pelo norte, através do Rio East, ou pelo sul, através do Estreito de Narrows, entre Long Island e Staten Island; — os navios que vierem pelo norte terão que atravessar, pelo menos, 4 pontos: Throgs Neck, Bronx-Whitestone, (Fig. 21) Triborough e Queensborough; — mas se quiser continuar e sair pelo sul ainda terão que atravessar mais outras 4 pontes: Williamsburgh, Manhattan, Brooklyn e a ponte de Narrows, que está sendo construída.

Os navios que vierem pelo sul terão todos que passar pela ponte de Narrows, mas se se dirigirem aos estaleiros navais terão que passar ainda pelas pontes de Brooklyn e Manhattan, ao passo que se se dirigirem para os "piers" do Rio Hudson só encontrarão a ponte George Washington, já muito ao norte da Ilha de Manhattan.

Essa enorme quantidade de pontes na área de Nova Iorque demonstra claramente que os norte-americanos nunca se preocuparam com hipotéticos bombardeios.

Em Lisboa, atravessando o Rio Tejo e também deixando a montante as instalações portuárias e navais, os portugueses vêm de iniciar a construção de uma ponte pênsil (Fig. 18) cujo vão central será o maior da Europa (1.100 metros).

Vemos assim que também os portugueses não se preocuparam com hipotéticos bombadeios.

Finalmente, na Itália, temos mais um exemplo importante: — está para ser iniciada a construção de uma ponte pênsil através do Estreito de Messina, ligando Reggio, na Calábria, e Messina, na Sicília; — essa ponte que deverá bater o recorde de Golden

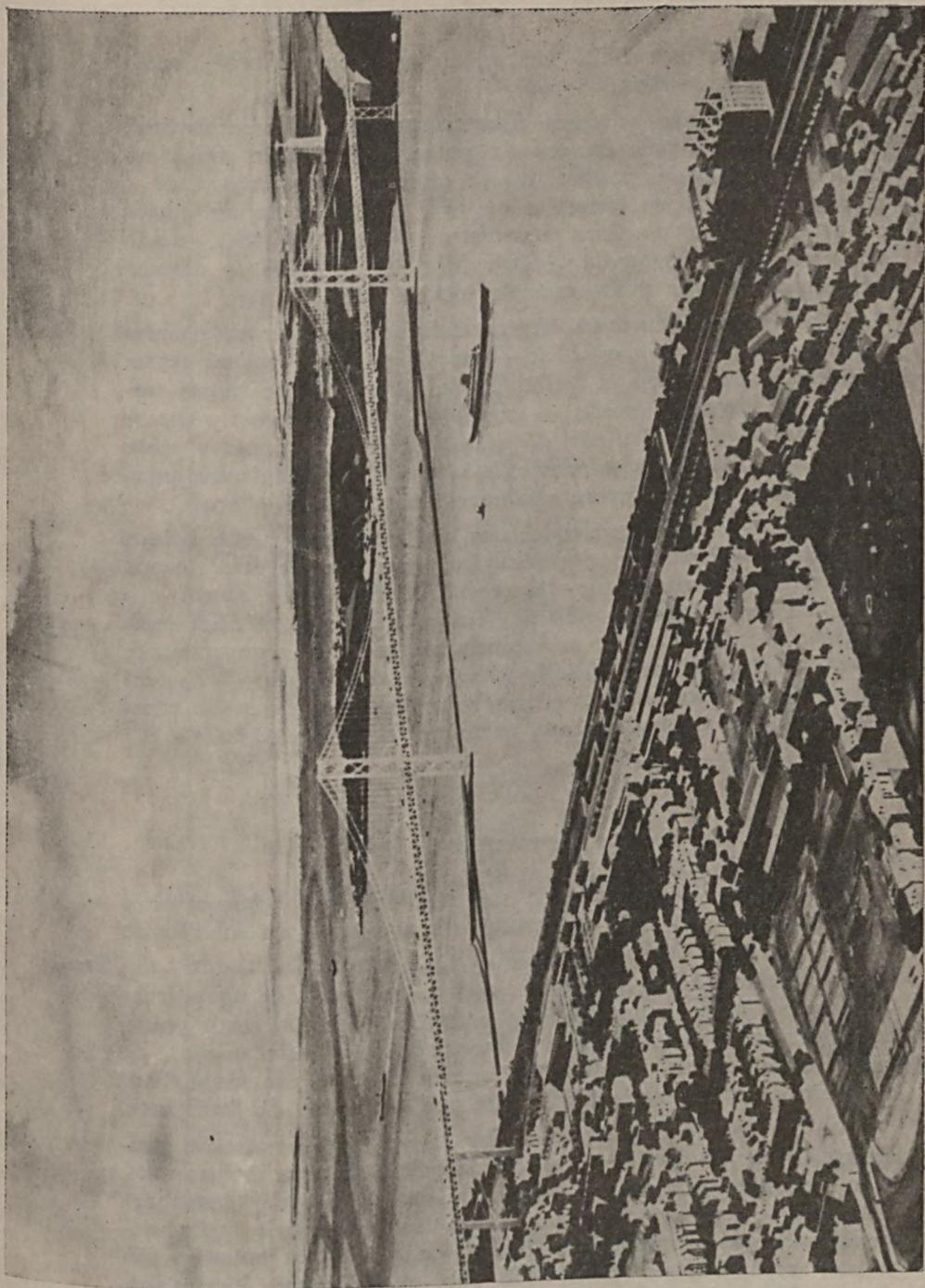


Fig. 18 — Ponte sobre o Tejo, em construção em Lisboa. O maior vão da Europa.

Gate, pois que terá 1.520 metros no vço central, será mista: rodoviária e ferroviária.

Conquanto não se possa falar muito em "engarrafamento" de uma esquadra pelo colapso da ponte, a destruição dessa estrutura, sem dúvida, poderia trazer grandes transtornos para o movimento de tropas terrestres ou para o movimento de navios no estreito, além do dano econômico; — não obstante, tendo saído vencida da segunda Guerra Mundial, a Itália se apresta para construir uma ponte naquele local e *não um túnel!*

Não podemos encerrar êste capítulo sem apontar as grandes vantagens que uma ligação Rio—Niterói *por ponte* poderá trazer à defesa nacional com a facilidade de movimento de tropas terrestres ao longo da costa; — de fato, *um túnel, com sòmente 4 metros de pé direito, não dá passagem para as grandes peças de artilharia, os carros-guindaste, holofotes e outros veículos grandes, ao passo que na ponte não haverá limitação de altura...*

Para os cariocas e fluminenses que conhecem muito bem a confusão do trânsito nas duas cidades, especialmente pelo elevado número de motoristas que desrespeitam sinais e de carros que trafegam produzindo excesso de fumaça e barulho, é fácil compreender a balbúrdia que se estabelecerá com um engavetamento dentro de um tubo com mais de 6 km de comprimento: — bastará uma bomba colocada por um sabotador antes da saída do túnel para bloquear integralmente a passagem de um exército!

XX

CONCLUSÃO

A exposição que acaba de ser feita demonstra claramente a inconveniência e o êrro que representa a escolha da solução do túnel para a ligação Rio—Niterói.

A melhoria dos transportes autais, por meio de uma frota de lanchas novas, é uma solução possível sòmente a curto prazo, uma vez que as crescentes necessidades de deslocamento de veículos comerciais e industriais através da Baía da Guanabara não são atendidas satisfatòriamente por êsse meio de transporte.

Além do mais, inegáveis serão as vantagens turísticas proporcionadas pelas pontes, não só pela beleza da obra monumental, que servirá como mais um motivo de propaganda da Guanabara no exterior, mas, principalmente, pelas facilidades de trânsito proporcionadas aos turistas que queiram-se dirigir aos inúmeros recantos aprazíveis do Estado do Rio, como Icaraí, Piratininga, Itaipu, Cabo Frio, Friburgo, Teresópolis, etc.

QUADRO 1

1 - REFERENCIA	2 - COMPRIENTIS ENTRE PORTAS (metros)	3 - COMPRIENTIS SOB ALÇA (metros)	4 - TIPO DE CONSTRUÇÃO	5 - NÚMERO DE PISAS	6 - LARGURA DA MAQUINA (metros)	7 - MAQUINA	8 - PROFUNDIDADE (metros)	9 - INCLINAÇÃO (%)	10 - TIPO DE CONSTRUÇÃO	11 - TEMPO DE CONSTRUÇÃO (dias)	12 - FATOR DE ATUALIZAÇÃO (C.F. 1951)	13 - FATOR DE ATUALIZAÇÃO (C.F. 1951)	14 - TEMPO DE CONSTRUÇÃO (dias)	15 - TUNEL RIONITEROI COMPARADO					
														16 - CUSTO DE CONSTRUÇÃO (milhões de dólares)	17 - CUSTO DE CONSTRUÇÃO (milhões de dólares)				
1 - SAKAMON (Mito, Shimonoseki, Japão)	3 460	730	ROCHA	2	2,20 x 3,40	4,40	4,5	1937	9° 3' 18" E	21	195	22.000.000	3,78	2,2	6.990	1.398.000	37,8 * 21,6	34.130.000.000 *	19.987.000.000
2 - QUENSAKY (Liverpool, Birkenhead, Inglaterra)	3 425	1 153	ROCHA	4	11 00	2,30	5,1	1925	19° 7' 13" S	9	380	19.800.000	1.445	3,4	3.490	1.068.000	16,1 * 9,4	26.800.000.000 *	15.600.000.000
3 - BROOKLYN BATTERY (New York, E.U.A.)	3 770	1 730	ESCUDO	2 + 2	2 x 6,50	4,40	20	1940	10 00	10	277	90.648.000	8.170	2,6	71.200	4.240.500	22,0	103.800.000.000	60.400.000.000
4 - HOLLAND (New York, E.U.A.)	2 600	1 863	ESCUDO	2 + 2	2 x 6,10	4,40	22	1920	10 27	7	372	55.000.000	5.200	3,6	19.940	2.698.000	16,4	93.000.000.000	54.200.000.000
5 - LINCOLN (New York, E.U.A.)	2 500	1 300	ESCUDO	2 + 2	2 x 6,35	4,40	22	1913	10 14	12	208	75.000.000	7.500	3,6	27.000	3.400.000	29,2	131.870.000.000	76.800.000.000
6 - PATAPSCO (Baltimore, E.U.A.)	2 220	1 375	TRINCHEIRA	2 + 2	2 x 6,70	3,50	20	21/4/1855	20/11/1897	2,5	928	130.000.000	14.600	1,2	16.800	2.380.000	6,6	82.000.000.000	47.000.000.000 *
7 - HAMPTON ROADS (Norfolk, E.U.A.)	2 280	2 080	TRINCHEIRA	2	7,00	3,50	24	1/1935	11/5/1938	3,4	670	19.000.000	4.180	1,2	3.000	1.000.000	9,1	24.420.000.000	14.240.000.000 *
8 - QUEENSLAND (New York, E.U.A.)	1 950	946	ESCUDO	2 + 2	2 x 6,40	4,00	21	1936	19 00	6	468	32.897.000	6.780	3,6	7.100	4.090.000	12,5	110.000.000.000	60.400.000.000
9 - STIMMET (Antwerpen, Bélgica)	1 730	625	ESCUDO	2	6,77	2,50	21	1930	19 30	3	588	...	...	4,0	...	...	10,4	...	...
10 - STIMMET (Boston, E.U.A.)	1 710	...	ESCUDO	2	6,35	...	...	1931	19 34	3	570	...	...	4,0	...	...	10,7	...	...
11 - DETROIT WINDSOR (Londres, Inglaterra)	1 560	777	TRINCHEIRA	2	6,70	5,00	25	1928	19 20	2,5	625	21.000.000	8.000	3,9	31.200	6.240.000	9,8	152.000.000.000	82.400.000.000 *
12 - ROTTERDAMTE (Londres, Inglaterra)	1 480	625	ESCUDO	2	...	2,70	...	1894	19 08	4	370	...	...	8,0	...	...	16,5	...	...
13 - POSEY (São Francisco, E.U.A.)	1 080	...	TRINCHEIRA	2	6,95	...	...	1925	19 28	3	260	...	...	2,8	...	...	16,9	...	...
14 - MOISA (Rotterdam, Holanda)	1 070	586	TRINCHEIRA	2 + 2	2 x 6,00	...	...	1938	19 41	3	337	...	...	3,4	...	...	17,1	...	...
15 - ELIZABETH (Norfolk, E.U.A.)	1 020	640	TRINCHEIRA	2	6,70	5,00	30	1950	19 52	2	519	18.500.000	9.900	1,4	12.700	2.540.000	12,1	62.000.000.000	38.100.000.000 *
16 - RIO NITEROI (Praia Mauá, Frei Sodres)	6 105	5 800	ROCHA	2 + 2	2 x 7,50	4,50	50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	16,1	82.982.000.000	...
17 - RIO NITEROI (Cambouris, Uruguai)	3 500	2 600	TRINCHEIRA	2 + 2	2 x 7,00	4,50	48	...	...	...	...	...	...	...	...	...	16,1	...	...

Observação: Esta tabela foi elaborada ao tempo em que o dólar era cotado a Cr\$ 200,00 no mercado livre; sendo sua cotação nesta data (dezembro/1962) por volta dos Cr\$ 800,00, os valores indicados nas colunas R, U e V, deverão ser quadruplicados.

(A) REFERENCIA	(B) ALGUMAS DAS PONTES MAIS IMPORTANTES DO MUNDO	(C) COMPRIMENTO TOTAL (metros)	(D) VAO MAIOR (metros)	(E) VAO DE LUZ (ALTURA) (metros)	(F) TIPO DE CONSTRUÇÃO	(G) NÚMERO DE PISTAS	(H) LARGURA DAS PISTAS (metros)	CONSTRUÇÃO (época)		(K) TEMPO DE CONSTRUÇÃO (anos)	(L) TEMPO DE CONSTRUÇÃO UNITÁRIO (metros/ano)	(M) CUSTO TOTAL (dólares)	(N) DOLARES POR PISTA	(O) FATOR DE ATUALIZAÇÃO DO CUSTO	(P) DOLARES POR PISTA POR PISTA	(Q) CRUZEIROS POR METRO ATUALIZADOS (Cr\$ 200,00/US\$)
								(I) INICIO	(J) FIM							
1	BAY BRIDGE (S. Francisco-Oakland, E.U.A.)	13 250	704	65.60	MISTO	6 + 6	2 x 17,60	5/1933	11/1936	3.6	3 680	78.000.000	490	3.9	1.910	382.000
2	CHESAPEAKE (Maryland, E.U.A.)	12 400	486	60.00	MISTO	2	8.50	7/1952				45.000.000	1.810	1.6	2.900	580.000
3	PONTCHARTRAIN (Louisiana, E.U.A.)	38 300	17	4.90	CONC. PROT.	2	8.50	20/1/1955	20/12/1956	1.6	23 900	27.600.000	360	1.2	432	86.400
4	GOLDEN GATE (S. Francisco, E.U.A.)	2 740	1 280	67.00	PENSIL	6	18.20	1932	1937	5.0	548	35.000.000	2.130	3.9	8.300	1 660 000
5	MACKINAC (Michigan, E.U.A.)	8 000	1 160	47.00	PENSIL	4	14.60	5/1954	1/11/1957	3.5	2 285	99.800.000	3.120	1.2	3.740	748.000
6	GEORGE WASHINGTON (New York, E.U.A.)	2 360	1 064	62.00	PENSIL	8 + 6	2 x 25.90	1927	1931	4.0	425	55.000.000	2.910	3.9	11.350	2.270.000
7	DELAWARE MEMORIAL (Delaware, E.U.A.)	1 075	655	41.00	PENSIL	4	7.90	7/1951				40.000.000	9.300	1.8	16.750	3.350.000
8	BROOKLYN (New York, E.U.A.)	1 050	484	41.00	PENSIL	2 (ant), 6 (nova)		1889	24/ 5/1883	14.0	75			10.0		
9	BRONX WHITESTONE (New York, E.U.A.)	1 145	700	41.00	PENSIL	4 + Ped	9.75	1936	1939	4.0	296	(7) 10.000.000		3.8		
10	NARROWS (New York, E.U.A.)	2 190	1 340	72.00	PENSIL	6 + 6	2 x 17,60	1/1960	1/964	5.0	483	220.000.000	8.360	1.0	8.360	1.672.000
11	THROGS NECK (New York, E.U.A.)	1 580	546	43.00	PENSIL	6	23.00	8/1957	1/1961	3.5	450	93.000.000	9.810	1.0	9.810	1.962.000
12	FIRTH OF FORTH (antiga) (Edimburgo, Escócia)	2 520	516	45.80	CANTILEVER	2 (ferrov.)	7.20	1883		7.0	360	9.040.000	1.790	10.0	17.900	3.580.000
13	FIRTH OF FORTH (nova) (Edimburgo, Escócia)	2 400	1 000	50.00	PENSIL	2 (+ Ped & Ciel)	7.30			5.0	480	42.000.000	4.370	1.0	4.370	874.000
14	HERCULO LUZ (Florianópolis, Brasil)	820	340	30.80	PENSIL	3 + Ped	13.30	1/ 8/1924	3/ 5/1926	1.8	455	1.400.000	568	3.9	2.220	444.000
15	BAYONNE (New York, E.U.A.)	2 460	510	45.60	ARCO MET.	4	12.20	9/1928	15/11/1931	3.0	820	13.100.000	1.330	3.9	5.140	1.038.000
16	MESSINA (Calábria-Stúlia, Itália)	3 000	1 520		PENSIL	2 Rod + 2 Ferr	7.20 + 6.00					60.000.000	5.000	1.5	7.200	1.440.000

Observação: Esta tabela foi elaborada ao tempo em que o dólar era cotado a Cr\$ 200,00 no mercado livre; sendo sua cotação nesta data (dezembro/1962) por volta dos Cr\$ 800,00 o valor indicado na coluna Q deverá ser quadruplicado.

Problemas de travessia de braços de água por ponte ou por túnel já têm surgido em inúmeras ocasiões pelo mundo todo; — na maioria das vezes tem vencido a solução por meio de ponte e em poucas ocasiões têm vencido os túneis.

Não é a primeira vez que se debate no Brasil um problema dessa natureza: — na travessia do Rio Guaíba, em Pôrto Alegre, Rio Grande do Sul, surgiu uma grande contenda quando se decidiu cruzar aquêle rio: — o deputado Batista Pereira, grande argumentador, defendia ardorosamente a solução túnel, mas, no final, venceu a ponte.

XXI

AGRADECIMENTOS

Ao terminar esta palestra não posso deixar de agradecer de público a valiosa colaboração recebida de pessoas e entidades, sem as quais êste trabalho não teria sido realizado:

- A The Port of New York Authority, de Nova Iorque;
 - A Triborough Bridge and Tunnel Authority, de Nova Iorque;
 - A Golden Gate Bridge and Highway District, de São Francisco;
 - A Division of Highways, Department of Public Works, States of California, de Oakland;
 - A Macknac Bridge Authority, de St. Ignace;
 - O Department of Highways, Commonwealth of Virginia, de Richmond;
 - A The Institution of Civil Engineers, de Londres;
 - A The Scotsman Reviews, de Edimburgo;
 - As revistas Civil Engineering, Engineering News-Record e Life, de Nova Iorque;
 - A United States Steel, de Nova Iorque;
 - A Lone Star Cement Corporation, de Nova Iorque;
 - A Raymond International, de Nova Iorque;
 - O Dr. F. H. Frankland, engenheiro-consultor, de Nova Iorque;
 - O Professor Ole Singstad, de Nova Iorque;
 - A Prefeitura de Florianópolis;
 - O Dr. Oscar Machado da Costa;
 - O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
 - As emprêsas do grupo Carretero;
 - As bibliotecas da Embaixada Americana, de Maison de France e do Clube de Engenharia;
 - E, finalmente, o público aqui presente.
- A todos, muito obrigado pela atenção.