

# **REGISTRO ADMINISTRATIVO**

## *Ciclo de Conferências Promovido pela Divisão de Edifícios Públicos do D. A. S. P.*

*Considerações sobre a Ligação Rio—Niterói*

ALBERTO LÉLIO MOREIRA

Membro do Clube de Engenharia e do Instituto de Engenharia Legal

### I — INTRODUÇÃO

**D**E um e de outro lado da Guanabara surgiram duas cidades que pertencem à categoria das capitais naturais; por isso, mesmo efetivada a interiorização da Capital Federal e mesmo que se remova para o centro geográfico do Estado do Rio a fronteiriça Niterói, o problema da intercomunicação destas cidades continuará cada vez mais reclamando uma solução compatível com aquele determinismo geográfico que as predestinou à função precípua de capital, ainda que se lhes retirem os atributos políticos de sede.

E' lamentável que, embora reconhecida a influência daqueles impositivos geográficos e por todos reclamada a necessidade de uma ponte ou túnel para maior facilidade de circulação entre as duas cidades que socialmente se integram dia a dia, numa intimidade mais profunda, a solução vai se procrastinando com indiscutível prejuízo para ambas.

Ao que parece, a idéia tem encontrado dois grandes obstáculos:

1º) a solução técnica que se adapta às contingências intrínsecas do local e que, ao mesmo tempo, atenda particularmente à livre circulação do tráfego em bases econômicas, garantindo a descapitalização do investimento em tempo hábil;

2º) razões de ordem estratégica e de segurança militar que impediam a localização de certas obras em determinados pontos da baía.

### II — A IDÉIA DA LIGAÇÃO INTERURBANA

A idéia da ligação Rio—Niterói, quer através de uma ponte, quer através de um túnel, nasceu com o desenvolvimento das ca-

pitais, o qual cada vez mais exige um melhor sistema de transportes interurbanos que substitua as obsoletas barcas, mais para passageiros do que para veículos, e que encurte o percurso daqueles caminhões que, por excesso de peso para evitar uma demora excessiva, vão dar a volta pelo fundo da Guanabara, utilizando-se da estrada de contorno da baía.

A ex-capital federal, com seus 3 milhões de habitantes, figura hoje entre as primeiras da lista das cidades de maior rapidez de crescimento no mundo; — a procura de bons terrenos para construção de novas habitações no Rio é enorme, tendo alguns bairros,

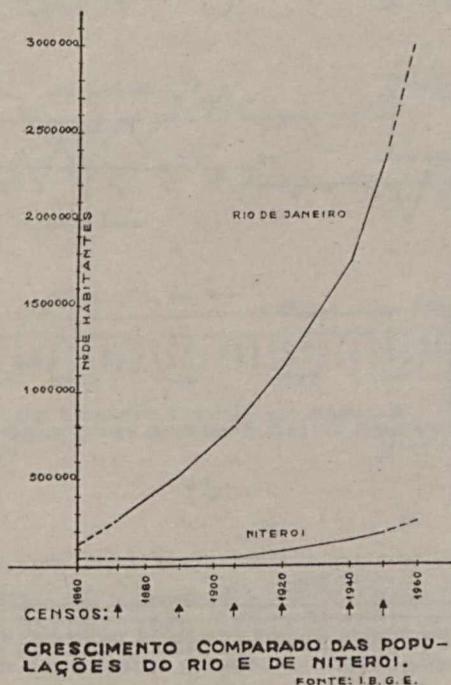


Fig. 1

como os de Vila Isabel e de Copacabana, atingido densidade de população superiores à de Nova York: — em contraposição, Niterói, só com 200.000 habitantes é, por natureza, uma das boas zonas de expansão para a população do Rio mas vem tendo um desenvolvimento que muito deixa a desejar, principalmente pelo fato de não haver uma artéria de ligação interurbana permanente que encoraje boa parte da população carioca a ir fixar residência na capital fluminense. (Fig. 1)

E' fácil se prever qual será o desenvolvimento de Niterói após a ligação; — basta observar o desenvolvimento que teve a Ilha do Governador após a construção da ponte que a ligou ao continente.

### III — O TRÁFEGO RIO—NITERÓI

Observa-se que, no momento, a média diária de passageiros transportados nos dois sentidos, entre Rio e Niterói, é de cerca de 90.000, enquanto que os veículos não vão a mais de uns 1.300, dos quais cerca de 62% são caminhões ou outros veículos pesados. (Figs. 2 e 3)

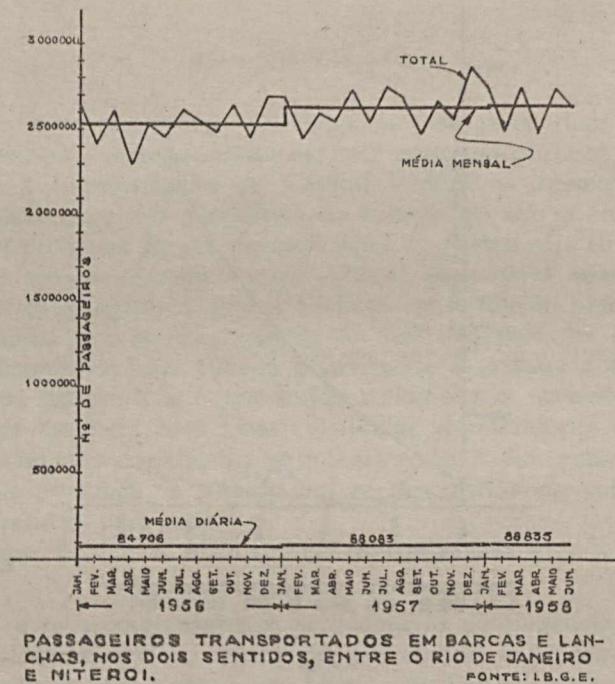
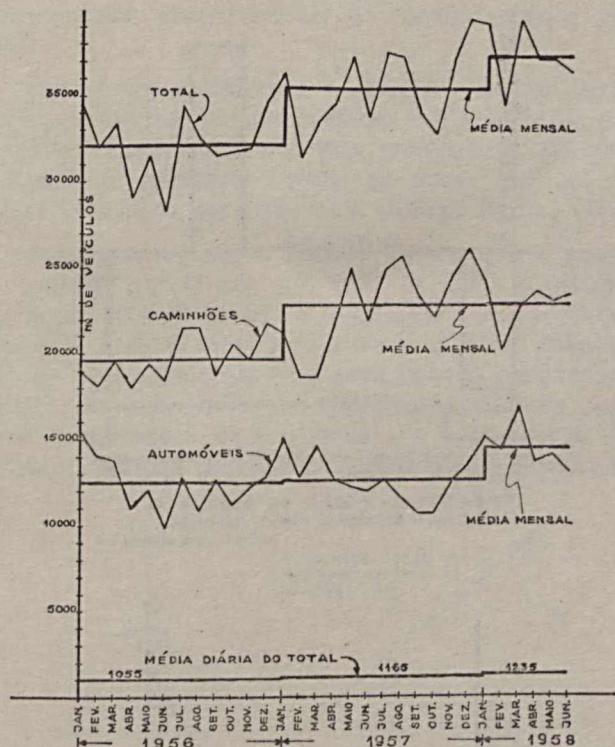


Fig. 2

Pelos dados obtidos da Frota Carioca, vemos que o número total de barcas ou lanchas de passageiros é de 2 por hora entre meia noite e as 3 horas, de 6 por hora entre as 3 e às 16 horas, subindo para 12 por hora durante as horas do "rush" das 16 às 19 horas, para voltar ao ritmo anterior, de 6 por hora, até à meia noite; — enquanto isso, as barcaças de carga operam com



VEÍCULOS TRANSPORTADOS EM BARCAS, NOS  
DOIS SENTIDOS, ENTRE O RIO DE JANEIRO E  
MITEROI.

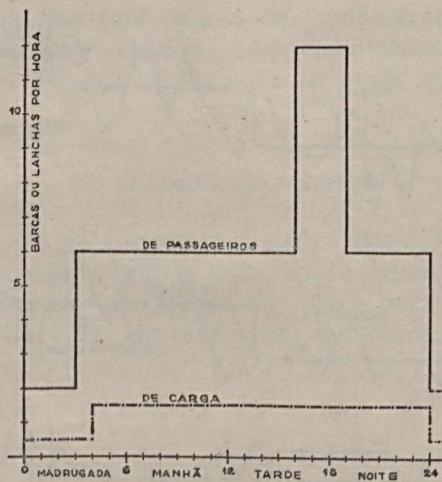
FONTE: I.S.G.E.

Fig. 3

a freqüência de uma em 2 horas entre a meia noite e às 4 horas, para subir para três em 2 horas até à meia noite. (Fig. 4)

A tarifa em vigor estabelece uma passagem de Cr\$ 5,50 por pessoa, enquanto que para os veículos os preços são de Cr\$ 115,00 por carro de passeio, Cr\$ 225,00 por micro-ônibus, Cr\$ 300,00 por ônibus e uma taxa variável para os caminhões, na base de uns Cr\$ 45,00 por tonelada bruta; — com êsses dados, e sabendo-se que o peso médio dos caminhões que travessam a baía é de 8 toneladas, pode-se deduzir que a arrecadação mensal das passagens é de uns Cr\$ 14.850.000,00, enquanto que a dos fretes é de uns Cr\$ 1.670.000,00 provenientes dos carros de passeio e de uns Cr\$ 8.850.000,00 provenientes dos demais veículos. (Figura 5)

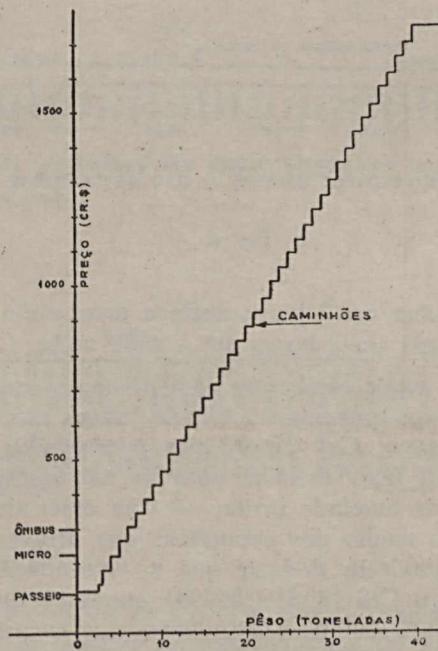
Normalmente, o peso máximo dos caminhões que fazem a travessia é de 15 toneladas (que pagam Cr\$ 675,00) mas já têm



FREQUÊNCIA DIÁRIA DE BARCAS E LANCHAS ENTRE O RIO E NITERÓI.

FONTE: FROTA CARIOCA S.A.

Fig. 4



TARIFA PARA TRANSPORTE DE VEÍCULOS EM BARCAS, ENTRE RIO E NITERÓI, EM VIGOR DESDE 1957.

FONTE: FROTA CARIOCA S.A.

Fig. 5

sido transportados caminhões até 35 toneladas (que pagam Cr\$ 1.520,00).

E' interessante se observar a relação existente entre o crescimento da população das duas cidades e o número de passageiros transportados mensalmente nos dois sentidos: — parece que este é diretamente proporcional àquele, de forma que daí poderemos estabelecer uma regra para prever o tráfego futuro. (Fig. 6)

A permanecer o mesmo sistema de transporte entre as duas cidades, pode-se prever que, por volta de 1980, o tráfego de passageiros ainda será de ordem dos 160.000 por dia, enquanto que o de veículos poderá estar pela casa dos 2.300 diários; — não obstante, se fôr estabelecida uma nova ligação permanente, é lícito se admitir que êsses números sejam algo maiores porque essa obra será canalisadora de progresso: — a população de Niterói provavelmente tomará um ritmo de crescimento semelhante ao do

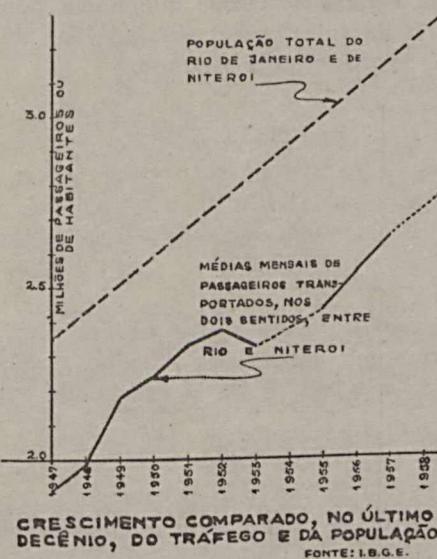


Fig. 6

Rio, o intercâmbio comercial será igualmente aumentado e, da mesma forma, o número de passageiros e de veículos tomará um ritmo de crescimento mais acelerado.

Casos semelhantes, já solucionados nos E.U.A., têm demonstrado que a abertura ao tráfego de uma ponte ou túnel, onde o serviço era antes feito por barcas, resulta, logo no ano da abertura, num tráfego de cerca de 50% superior ao efetuado pelas

barcas no ano anterior: — desta forma, poderemos prever que, se uma ligação fôsse aberta, hoje, ao tráfego Rio—Niterói, já em 1961, o movimento de passageiros teria subido a uns 135.000 diários e o de veículos a uns 1.950 diários; — supondo-se que a totalidade dos passageiros deixasse de utilizar as barcas para viajar em novos ônibus interurbanos, numa média de uns 30 passageiros por ônibus, chegariam a um movimento total de veículos, nos dois sentidos, de cerca de 6.450 por dia ou seja: 2.320.000 por ano.

A ser mantido o atual ritmo de crescimento da população das duas cidades, bem como do número de passageiros transportados, a tendência é têrmos, daqui há 20 anos, uma população 1,5 vêzes maior que a atual e, da mesma forma, deverá estar aumentado o transporte de passageiros, o que, no caso em hipótese, nos faz prever, para o ano de 1980, um movimento total de veículos de uns 3.700.000 por ano (10.120 por dia).

Demonstra-se matemáticamente que numa ponte ou túnel, o escoamento horário de veículos em uma só fila, em que não haja ultrapassagens, é expresso pela fórmula:

$$T = \frac{\frac{1.000 \sqrt{180 c}}{\sqrt{180 c} + 2c}}{7.2} \quad (1)$$

onde  $T$  é o número de veículos que passam por hora numa só fila e  $c$  é o comprimento médio dos veículos, expresso em metros.

O escoamento máximo se dá à velocidade expressa por:

$$V = \sqrt{180 c} \quad (\text{km/hora})$$

E, a essa velocidade, a distância mínima permissível entre os veículos é expressa por:

$$D = \frac{\sqrt{180 c}}{7.2} + 2 c \quad (\text{metros})$$

O comprimento dos veículos varia de 4.00 m, para os carros tipo Volkswagen, Fiat, etc., até 15.00 m, para os grandes ônibus e caminhões com reboques — dessa forma, para cada comprimento médio dos veículos, teremos uma velocidade, uma distância

e um escoamento de máxima eficiência, conforme se vê no quadro a seguir:

COMPRIMENTOS DOS VEÍCULOS	VELOCIDADE (km/hora)	DISTÂNCIA (metros)	ESCOAMENTO (veic./hora)
4.00 m....	26.85	11.73	2.290
7.50 m....	36.72	20.10	1.825
15.00 m....	51.90	37.20	1.395

A primeira linha corresponde a um movimento só de carros pequenos (o que nunca ocorre), a terceira linha é só para carros grandes (o que também nunca ocorre), enquanto que a segunda linha representa uma mescla de acordo com o movimento atual existente nas barcas Rio—Niterói (62% de caminhões e 38% de carros de passeio).

O que ficou acima exposto demonstra claramente que de nada serve aumentar indefinidamente a velocidade dos veículos num túnel ou ponte onde não se permitem ultrapassagens, porque o número de veículos que passam por hora não irá aumentar; — até pelo contrário: — diminuirá, porque os motoristas serão forçados a manter uma distância de segurança cada vez maior, o que significa aumentar o denominador da equação (1), ou seja: — diminuir o escoamento.

O que foi exposto acima evidentemente que se refere a uma só pista de tráfego e é claro que se tivermos duas (uma em cada direção), o escoamento total será o dobro, mas também não devemos perder de vista que esse escoamento é o máximo que se pode obter e só ocorrerá nas horas de maior movimento: — as chamadas "horas do rush".

Considerando-se que sejam só duas horas de "rush" (17 às 19 horas) e que da meia-noite às 6 horas da manhã praticamente não há movimento, bem como que o escoamento fora das horas do "rush" seja de um terço do daquelas horas, temos numa ligação de duas pistas:

Escoamento máximo num só pista .....	1.825	veículos/hora
Em duas pistas .....	3.650	" "
Escoamento em duas pistas, fora das horas do "rush" .....	1.200	" "
Escoamento durante duas horas de "rush" .....	7.300	" "
Escoamento nas 16 horas restantes de um dia .....	19.200	" "
Escoamento total num dia .....	26.500	" "
Escoamento total num ano .....	9.672.500	" "

Se a ligação lôr, não de duas, mas de quatro pistas, êsse escoamento total de quase 10 milhões de veículos por ano passará a cerca de 20 milhões de veículos por ano (19.345.000).

Vimos que, se nesta data, fôsse aberta ao tráfego uma ligação Rio—Niterói, só poderíamos contar, de início, com um movimento anual de 2.320.000 veículos, o qual teria crescido a .... 3.700.000 veículos por volta de 1980; — pelo acima exposto, verifica-se que a capacidade de tráfego de uma ponte ou túnel de *duas pistas*, só poderá estar esgotada lá pelo ano 2.010 ou 2.030.

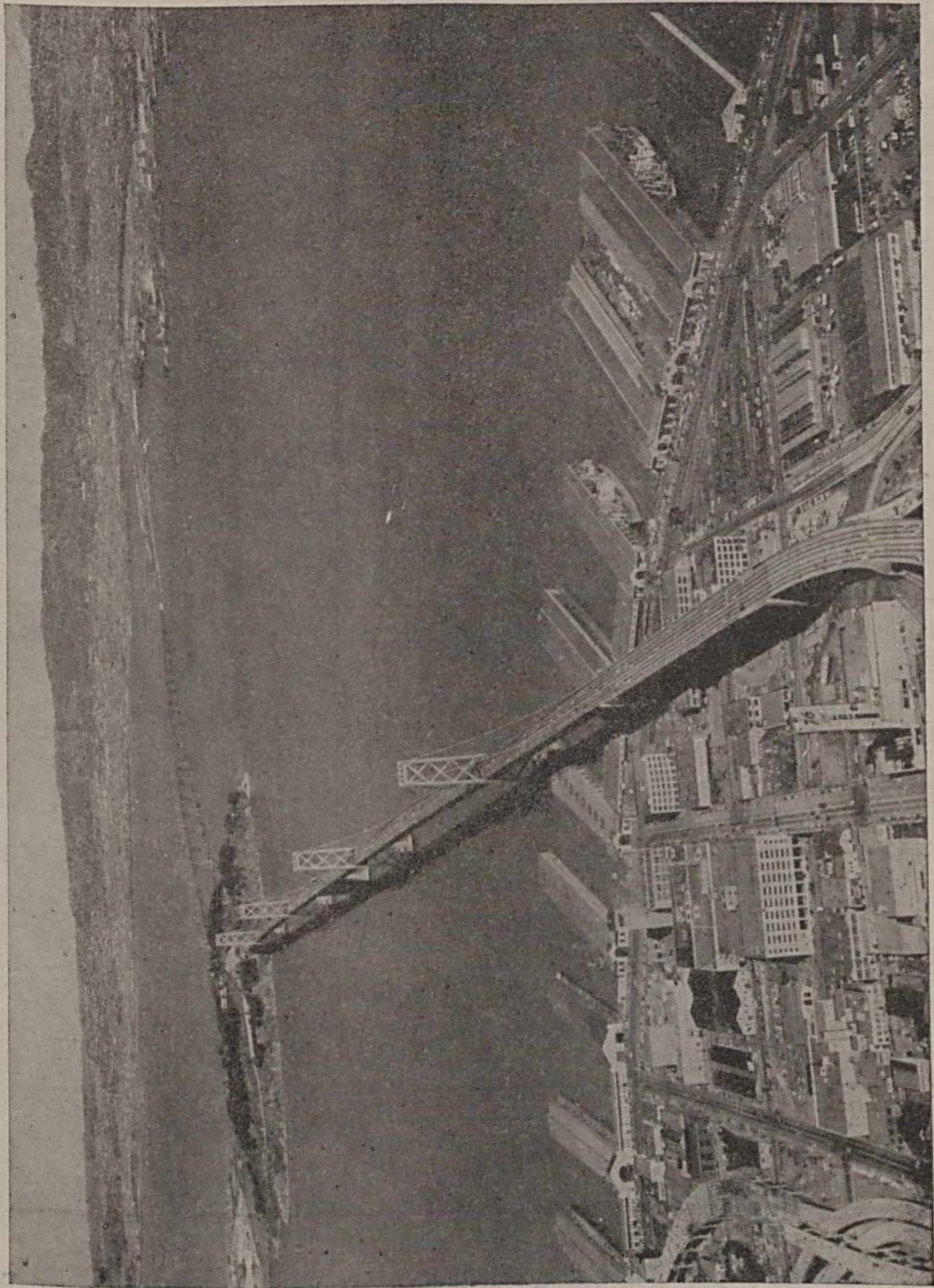
Uma ligação de 4 pistas provavelmente deverá servir por um século antes de atingir o limite de escoamento do tráfego, mas não se pode, de forma alguma, garantir uma previsão para tão longo prazo; — a abertura de uma ponte ou túnel geralmente traz tal desenvolvimento à região que o volume e as características do tráfego se alteram de forma imprevisível.

O exemplo da ponte São Francisco—Oakland, através da Baía de São Francisco, é bem elucidativo: — aquela ponte, de dois tabuleiros, com 6 pistas para automóveis no tabuleiro superior e 3 pistas para caminhões e ônibus mais 2 pistas para trens interurbanos no tabuleiro inferior, foi inaugurada em 12 de novembro de 1936, com a previsão de 8.000.000 de veículos para 1937, 10.000.000 para 1943 e 12.600.000 para 1950; — em tôdas essas datas o tráfego real ultrapassou de muito essas previsões pois que êle atingiu, respectivamente, a 9.104.765 (cerca de 12% a mais), 19.158.789 (cerca de 48% a mais) e 28.906.652 (cerca de 56% a mais); — em pouco mais de 20 anos de funcionamento essa ponte já atingiu a sua capacidade máxima de escoamento do tráfego, razão pela qual o Estado da Califórnia se decidiu a construir uma ponte paralela a idêntica a essa a fim de atender ao crescente volume de tráfego. (Figs. 7 e 8)

#### IV — PONTE OU TÚNEL ?

Para a ligação Rio—Niterói já têm sido apresentados vários projetos de pontes e túneis, entre os quais convém destacar a ponte do arquiteto francês LEON DESCOPIER VANDÔME, em arcos de concreto armado com vários pisos, bem como teatros, restaurantes e edifícios de uso comercial sobre a estrutura, a ponte pênsil do engenheiro CORNÉLIO CESAR HAUER, a ponte pênsil do engenheiro MELLO MARQUES, o túnel projetado pela Société Française d'Études et Entreprises e o túnel projetado pelo Comitê Pró-Construção do Túnel Rio—Niterói.

Dêsses projetos, o único que até hoje parece ter merecido aprovação oficial é o túnel da Études et Entreprises, ligando a



12-11-36.

inaugurada a 12-11-36, com dois pisos.

Praça Mauá, no Rio de Janeiro, à Avenida Feliciano Sodré, em Niterói, cujo traçado, segundo diz aquela emprêsa em seu relatório, foi impôsto pelo Ministério da Viação, em contraposição ao traçado Calabouço-Gragoatá, indiscutivelmente mais curto, mas que foi rejeitado para evitar a construção de um grande edifício de ventilação junto à pista do Aeroporto Santos Dumont.

"Fazer obra de engenharia — dizia MELLO MARQUES — é fazer obra *necessária*, preenchendo econômica e técnicamente todas as suas finalidades".

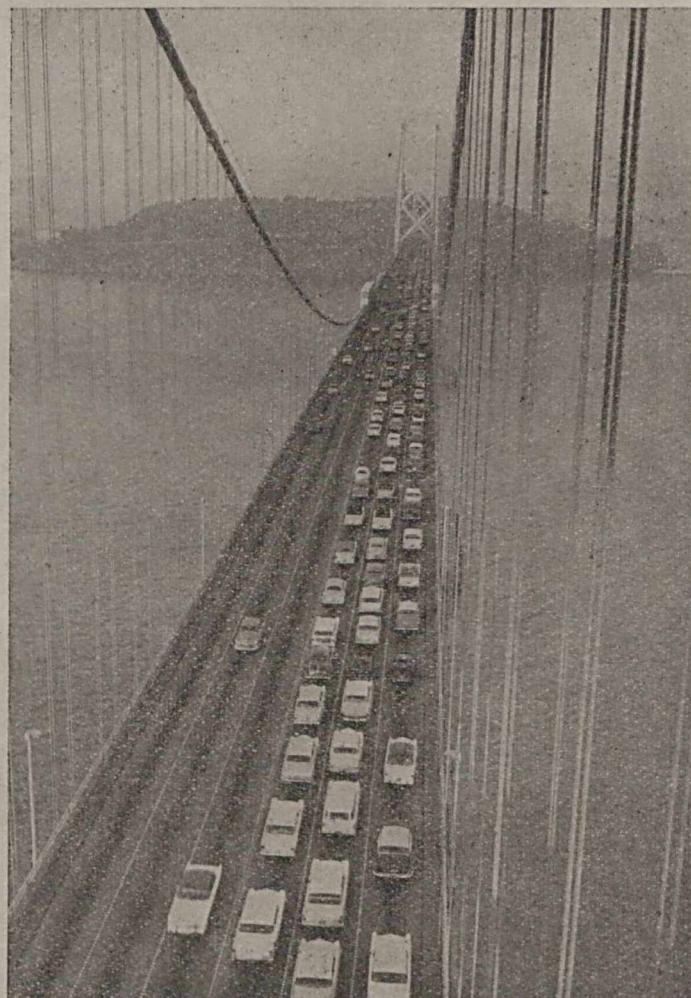


Fig. 8 — 6 pistas de trânsito no p'so superior da ponte de São Francisco a Oakland.

A solução a ser adotada na ligação entre duas terras que se separam por um braço de água depende do exame de uma série de fatores de ordem técnica, econômica, estratégica, de segurança e de eficiência no serviço proposto.

Esse exame constitui uma prova de fogo pela qual toda ponte ou túnel importante deverá passar antes de obter a aprovação das autoridades competentes e, por isso, será conveniente passarmos em revista os fatores acima expostos.

Resta, porém, verificar-se se a solução técnica, possibilitada pelos estudos os mais severos, será realizável dentro de um *limite financeiro* que permita a exploração da obra em *condições econômicamente admissíveis*.

*Parece-nos que é justamente por esse aspecto que a solução túnel deixa de apresentar aquelas características básicas que permitem de classificá-la entre os empreendimentos de interesse público.*

Se pensarmos na fortíssima mobilização de capitais que realmente requererá a realização do túnel, mobilização esta de incerta previsão em virtude das inúmeras surpresas que este tipo de obra poderá reservar aos seus projetistas e financiadores; — o volume dos serviços de juros e amortização requerido pelo custeamento desta obra e pelas valiosas desapropriações necessárias à sua execução, acrescidos das onerosíssimas despesas diárias de sua manutenção, deduz-se facilmente que as taxas mínimas de pedágio, a serem aplicadas aos veículos, e destinadas, em grande parte, ao reembolso de financiamento desta obra, resultarão tão elevadas a tornar irremediavelmente impopular esta via de comunicação.

A este propósito deve-se salientar que ao estabelecer-se o regime de resgate de financiamento na base do pedágio, o que sempre representa o maior obstáculo é a verba exigida pela operação e manutenção da obra, que absorve uma parte das disponibilidades destinadas ao serviço de pagamento das amortizações; — ora, no presente, caso, a verba "operação e manutenção", ao nosso ver, não só absorverá a maior parte da arrecadação do "pedágio", mas seguirá uma curva sempre ascendente, em virtude do rádio desgaste do complicado e custoso aparelhamento necessário à ventilação e iluminação do túnel.

Em relação às pesadas despesas de manutenção que oneram a operação dos túneis subaquáticos, em geral, é fácil compreender a necessidade que se tem de se manter essas obras em perfeitas condições de viabilidade, a fim de se evitar os riscos que possam apresentar os engarrafamentos no interior dos mesmos; — pistas de rolamentos permanentemente perfeitas, intensidade de iluminação constante, aeração controlada e dosada e disciplina rigorosa de tráfego, são as bases para assegurar aquela

ritmo constante de circulação interna necessário à ausência de possibilidades de atravancamento e de conseqüências funestas.

No caso em foco, não se pode subestimar que o excepcional comprimento do túnel Rio—Niterói, *apresentando um desenvolvimento certamente do dóbro dos maiores túneis hoje em uso*, poderá provocar problemas que, se não ainda desconhecidos, serão pelo menos de escala bem maior do que os registrados nos túneis atualmente em tráfego.

#### V --- AS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Uma ponte, da mesma forma que túnel, pode ser construída de diversas maneiras; — seria entretanto fastigioso enumerar aqui todos os processos de construção conhecidos porque fugiríamos ao objetivo dêste trabalho; — não obstante, será conveniente recordamos, ainda que sucintamente, os processos aplicáveis ao caso em tela.

Há sómente três tipos básicos de construção de pontes: em vigas retas, em arcos e pêneis (suspensas em cabos); são possíveis as combinações dêsses tipos mais as pontes que encerram um único princípio claramente definido de construção apresentam geralmente uma aparência mais satisfatória do que as híbridas; — infelizmente todavia, do ponto-de-vista do observador amador, o sistema estrutural de uma ponte, mesmo quando simples, nem sempre é identificado prontamente pois que isso depende menos da forma aparente do que da maneira pela qual a carga é transferida do vão para os pontos de apoio.

Além dêsses três tipos básicos de pontes podemos mencionar as variações basculantes, pivotantes ou levadiças e as flutuantes, tão usadas pelos exércitos em campanha.

Quanto aos túneis, há também sómente três tipos básicos de construção: os perfurados na rocha, o que reduz sensivelmente os riscos de inundação, os escoramentos necessários e às vezes evita o uso do ar comprimido; — os perfurados através da camada sedimentar pelo processo do escudo e os montados em trincheiras previamente dragadas, com seções pré-fabricadas em estaleiros e levadas flutuando até o local onde são mergulhadas.

A perfuração de túneis em rocha se faz por meio de explosivos colocados em furos broqueados e convenientemente orientados a fim de se obter o máximo rendimento em cada explosão; — inicialmente abre-se um túnel piloto cuja seção só dá para movimentar as ferramentas de perfuração e os vagonetes de transporte; — esse túnel piloto geralmente segue o eixo do túnel principal mas há casos em que se adota a solução de se escavar um túnel piloto paralelamente ao eixo do túnel principal estabele-

cendo-se várias passagens intermediárias, o que permite atacar a escavação do túnel principal em muitas frentes ao mesmo tempo.

Se surgirem fortes infiltrações de água durante os trabalhos, que tendam a inundar completamente o túnel, será mister usar-se ar comprimido numa pressão superior à das águas que entram, de forma a expulsá-las e manter-se seco o local de trabalho.

O uso de ar comprimido cria uma série de inconvenientes para o construtor, a começar pelo emprêgo de pessoal de excepcionais condições físicas, sob rigorosa vigilância médica e um complicado sistema de controle das horas de trabalho e tempos de descompressão de cada operário; — em seguida, além da construção de uma parede à prova de ar comprimido (bulkhead) e com comportas especiais e separadas para a passagem de homens e de materiais, há necessidade de um investimento adicional considerável para a montagem de uma sala de compressores de ar, bem como de geradores de emergência, para atender a quaisquer interrupções súbitas no suprimento da energia elétrica.

Quanto mais profundo fôr o túnel, maior a probabilidade dêle passar todo pela rocha viva, sem fraturas que tragam vazamentos de água mas, por outro lado, se apesar da maior profundidade, forem encontradas infiltrações, a água entrará, com maior pressão, o que também exigirá maior pressão na câmara de ar comprimido, e isso resultará numa diminuição do tempo útil de trabalho que cada operário poderá realizar.

Os modernos esportistas da pesca submarina e os exploradores de navios submersos que se utilizam do ar comprimido, em escafandros autônomos ou cativos, conhecem muito bem esse fenômeno: — quanto maior a profundidade do mergulho menor o tempo que o escafandrista poderá permanecer no fundo, sob pena do nitrogênio de ar começar a se dissolver no sangue e a produzir o mal conhecido como "embriaguês das profundidades", que poderá ser fatal; — acresce ainda que, quanto maior fôr a profundidade atingida e o tempo de permanência no fundo, maior terá que ser o tempo de descompressão porque, do contrário, o ar dissolvido no sangue e nos tecidos poderá "ferver", formando bolhas que causam as terríveis "câibras dos megalhadores" e que também podem ser fatais.

Dentro de um túnel subaquático, operando com ar comprimido, os fenômenos são semelhantes aos dos mergulhadores e os operários necessitam um controle rigoroso, além de um custoso equipamento para emergências.

A perfuração de túneis através da camada sedimentar, se faz utilizando-se um escudo de forma circular, construído de chapas e perfis de aço, com janelas convenientemente dispostas

a fim de deixar passar, pouco a pouco, a lama que está em frente ao escudo.

Na parte superior da frente do escudo há uma lâmina cortante que se projeta para a frente e que serve para evitar a tendência do escudo de caminhar para baixo, além de ir cortando o barro em frente: — em tôda a periferia da parte posterior do escudo há uma série de macacos hidráulicos que servem para empurrar o escudo para a frente, à medida que o revestimento atrás vai ficando concluído.

A perfuração através da camada sedimentar tem a vantagem de poder ser realizada geralmente a menor profundidade que através da rocha viva mas, por outro lado, invariavelmente encontra águas de infiltração, o que exige o uso do ar comprimido durante tôda a perfuração.

Os túneis montados em trincheiras prèviamente dragadas constituem, sem dúvida, a técnica mais avançada na construção de túneis subaquáticos, muito embora já haja realizações com o uso dessa técnica que datam de 1925, como é o caso do túnel Posey na Califórnia.

Esse processo de construção exige, inicialmente, a abertura de uma trincheira no fundo sedimentar por meio de uma dragagem e recobrimento de areia do fundo dragado; — essa trincheira, de seção trapezoidal, deve ter uma plataforma de largura suficiente para receber as seções do túnel, bem como uma rampa de acôrdo com aquela prevista para o final da obra.

Ao mesmo tempo que se inicia a dragagem da trincheira, se começa a fabricar o túnel, por seções, em estaleiros especialmente aparelhados: — essas seções são tubos cilíndricos de aço, revestidos internamente de concreto armado e externamente de cimento pneumático, que medem cerca de 90 m de comprimento por 10 m de diâmetro.

As extremidades das seções são vedadas com paredes de aço e, em seguida, elas são lançadas ao mar; — uma vez fluindo, numa bacia ou enseada de trabalho, se coloca o concreto interior e demais detalhes do revestimento, bem como o cimento pneumático externo, o que, pelo aumento progressivo de peso, vai fazendo com que as seções afundem quase totalmente.

Em seguida, são rebocadas essas seções para o local da trincheira e acrescentando cuidadosamente o concreto que falta para fazê-lo ir definitivamente ao fundo.

As fundações são preparadas cuidadosamente com areia peneirada sobre o fundo da trincheira, a fim de corrigir imperfeições da dragagem, da mesma forma que a areia é também for-

çada, sob pressão, a encher quaisquer vazios entre o fundo da estrutura e o leito da trincheira.

Como não é possível alinhar o eixo do túnel por dentro, as seções são alinhadas por meio de mastros, soldados ao topo das seções e que se projetam temporariamente acima da superfície das águas.

As secções adjacentes são unidas por meio de fechos de pressão e pinos de aço que são ajustados por mergulhadores e, em seguida, são vedadas as juntas por meio de um colar de cimento hidráulico.

Depois de unidas tôdas as seções, um lastro de pedras e lama é lançado sobre os tubos a fim de evitar a tendência à flutuação, enquanto maçaricos vão removendo as paredes de aço que serviram de comportas nas extremidades de cada secção.

Uma vez removidas essas comportas, é possível se dar início aos trabalhos de acabamento interno como em qualquer outro túnel.

Fora dos mergulhadores que só trabalham poucas vêzes e rapidamente, esse processo de construção apresenta a grande vantagem de realizar todo o trabalho fora d'água, sem necessidade do uso de ar comprimido, além do seu eixo poder ser lançado numa profundidade bem menor daquela que seria necessária para o emprêgo de outras técnicas de construção.

Não obstante, esse processo de construção exige que o fundo seja facilmente dragável, sem rochedos, bem como se disponha de um parque de estaleiros devidamente equipados para poder produzir as seções pré-fabricadas.

No caso do túnel Rio—Niterói, projetado pela Études et Enterprises, foi prevista a escavação de 6.105 m em rocha, a qual deverá atingir, no seu ponto mais baixo, a cota de 90 metros abaixo do nível das águas.

Nenhum túnel subaquático no mundo foi, até hoje escavado a tamanha profundidade; — Queensway, na Inglaterra, detém o "record" de profundidade, com sómente 51 metros.

Evidentemente essa profundidade foi escolhida para fugir aos inconvenientes das infiltrações de água e consequente uso do ar comprimido, porque, aí, se espera encontrar uma rocha homogênea, sem falhas; — não obstante, ninguém poderá garantir essa homogeneidade e, caso seja encontrada uma falha nessa profundidade e que traga infiltrações de água, de nada adiantará o uso do ar comprimido, pois que ninguém consegue trabalhar sob 10 atmosferas de pressão.

O projeto do Comitê Pró-Construção do Túnel Rio—Niterói prevê a execução de 3.560 m do túnel pelo processo da trincheira, com seções pré-fabricadas, as quais deverão descer a 48 metros abaixo do nível das águas, no ponto mais baixo.

Embora essa profundidade seja quase a metade da preconizada por aquela firma francesa, ainda se trata de uma profundidade considerável, uma vez que os mergulhadores terão que trabalhar sob quase 6 atmosferas de pressão para fazer a união das seções debaixo d'água; — também não há notícia de túneis subaquáticos executados, por esse processo, a mais de 34 metros de profundidade (túnel de Hampton-Roads, nos E.U.A.).

Por outro lado, o processo da trincheira, exigindo um parque de estaleiros devidamente equipados para poder produzir as seções pré-fabricadas, nos deixa em grande dificuldade, uma vez que são notórias as nossas deficiências no campo da construção naval; — o mais moderno túnel construído por esse processo, o Patapsco, nos Estados Unidos, com sómente 2.320 m, portanto menos um terço do comprimento do Gragoatá—Calabouço, exigiu a cooperação de 3 estaleiros diferentes e, nessa proporção, iremos precisar de 4 ou 5 estaleiros para dar conta do projeto.

#### VI — A ILUMINAÇÃO

A iluminação das pontes é um problema que não apresenta dificuldades porquanto, durante o dia, a iluminação é feita pela luz solar e a iluminação noturna é realizada como em qualquer logradouro público; — já com os túneis, principalmente com aquêles de grande extensão, o problema é bastante diferente e bem complexo.

Inicialmente verifica-se que os túneis rodoviários exigem iluminação elétrica durante 24 horas por dia, enquanto que as pontes só necessitam desse tempo; — em seguida, ao contrário do que poderia parecer ao observador incauto, os túneis exigem mais iluminação, durante o dia do que durante a noite, isto porque, ao penetrar num túnel, um motorista passa de um iluminamento de 10.000 a 150.000 lux, ao Sol, a sómente cerca de 30 lux no centro do túnel e, a fim de permitir a adaptação visual gradativa, é necessário que o iluminamento seja consideravelmente aumentado junto às bocas do túnel; — quando o dia está sombrio há necessidade de se reduzir o iluminamento junto às bocas e quando a noite chega tem-se que reduzir toda a iluminação do túnel para um nível uniforme, equivalente ao da iluminação das ruas e avenidas, a fim de não se produzir um ofuscamento em sentido inverso àquele produzido durante o dia.

Num caso típico, temos os iluminamentos adotados em um túnel longo:

CONDIÇÕES	JUNTO ÀS BÔCAS	NA ZONA CENTRAL
Dia de Sol brilhante.....	2.000 lux	30 lux
Dia sombrio.....	1.000 lux	30 lux
À noite.....	15 lux	15 lux

E' evidente que tão grandes variações de iluminamento exigem uma distribuição de lâmpadas muito complexa, bem como um equipamento de controle automático ou semi-automático que não só servirá para economizar energia elétrica, como estará atento a fornecer sempre o melhor nível de iluminação a fim de evitar desastres pela falta de adaptação visual.

A carga ligada na iluminação de um túnel durante o dia de Sol brilhante é de cerca de seis vezes a carga durante a noite.

A Empresa Francesa Études et Entreprises previu no seu projeto do túnel Rio—Niterói, a instalação de 3.000 lâmpadas de vapor de sódio, para trabalharem sob tensão de 220 volts.

E' sabido que as lâmpadas de vapor de sódio produzem luz monocromática na região de maior sensibilidade do olho humano e que também dão maior rendimento luminoso; — todavia, a luz amarela dessas lâmpadas é desagradável e só tem sido recomendada para estradas poirentas ou onde haja neblina, o que não é o caso do túnel.

Embora o rendimento luminoso dessas lâmpadas seja muito alto (70 lumens/watt) as lâmpadas fluorescentes, de luz extremamente agradável, possuem um rendimento muito próximo — (60 lumens/watt) e econômicamente podem competir com as de vapor de sódio.

Não vemos real vantagem na adoção dessas lâmpadas de que não temos notícia de fabricação no Brasil e que encarecerão o custo inicial da instalação, bem como o da sua conservação.

A carga instalada prevista montará a 800 kw e a distribuição da iluminação estará dividida em sete trechos de vários iluminamentos: um de 30 lux, no centro, dois de 100 lux, dois de 250 lux, dois de 500 lux, dois de 1.000 lux, dois de 1.500 lux, e finalmente, dois de 2.000 lux, junto às bôcas.

Uma complicada aparelhagem de controle fará ligações e desligações de circuitos de acordo com a iluminação reinante no

exterior e, por motivos de segurança, nenhum transformador de distribuição será isolada com óleo, da mesma forma que não haverá nenhum disjuntor a óleo.

#### VII — A SINALIZAÇÃO

A sinalização nas pontes é geralmente muito simples, pois é feita sómente antes ou depois da estrutura a fim de evitar o estacionamento desnecessário de veículos sobre a ponte; — não obstante, nas grandes estruturas, às vezes se empregam telefones ou rádotelefones auxiliares para atender principalmente aos casos de acidentes e assim, não sómente pedir socorro, como também reduzir ou mesmo paralizar o tráfego numa direção ou em ambos.

Em contraposição, os túneis rodoviários já exigem um complexo sistema de sinalização; — esse sistema deve ser interligado ao sistema de ventilação e ao sistema de bombeamento, de forma a interromper automaticamente a entrada quando houver excesso de gases nocivos ou infundação.

Além disso, o sistema deve ser tal que, no caso de um acidente, os sinais fechem o tráfego a partir do ponto do acidente para traz, deixando aberto o resto do percurso na frente.

Acresce ainda que, além do sinal "pare", quando a interrupção do tráfego parecer prolongada, deverá haver mais outro sinal; — "pare o motor" a fim de evitar a sobrecarga do monóxido de carbono na atmosfera do túnel.

Esse sistema de sinalização é auxiliado por uma instalação telefônica e um policiamento rigoroso ao longo do túnel.

A Études et Entreprises previu a instalação de contadores automáticos de número de veículos no túnel, de intensidade da circulação e de totalização do tráfego; — êsses aparelhos deverão ser instalados junto às entradas do túnel e também na sala de "dispatching", do lado de Niterói, onde também haverá analisadores automáticos de monóxido de carbono e de opacidade da atmosfera.

#### VIII — A VENTILAÇÃO

Não há problema de ventilação nas pontes, enquanto que este é um ponto crucial nos projetos de túneis rodoviários.

O sistema de ventilação tem por objetivo fornecer ar fresco e remover os gases de combustão que são perigosos para a saúde, também reduzem a visibilidade dos motoristas e sujam as paredes e teto do túnel.

O mais perigoso gás produzido pela combustão da gasolina é o monóxido de carbono (CO), produto inodoro mas elemento venenoso que, em pequenas quantidades, já começa a produzir

reações desordenadas nos motoristas e, com a continuação, pode levar a um estado de torpor e mesmo à morte.

As pesquisas do Professor SERRUYS, da Escola Central de Artes e Manufaturas, da França, demonstraram que a combustão de um litro de gasolina nos motores de automóveis produz cerca de 500 litros de CO, enquanto que, nos motores Diesel, um litro de "gás-oil" dá cerca de 200 litros de CO; — além disso, deve-se considerar uma produção de fumaça cerca do dobro dessas quantidades, principalmente provenientes dos motores Diesel de caminhões e ônibus.

Nos motores muito usados, o óleo lubrificante do cárter passa nas folgas entre os pistões e os cilindros, mistura-se com o combustível e é queimado, aumentando dessa forma as quantidades de CO e, principalmente, de fumaça na atmosfera.

E' aproximadamente à velocidade de 25 km/hora que é produzida a maior quantidade de CO e essa quantidade aumenta nas subidas, de forma que uma rampa de 6%, já exige insuflar mais uns 30% de ar fresco.

As fortes rampas exigem, principalmente dos caminhões pesados, que façam mudanças de marcha e isto também ocasiona um aumento momentâneo da produção de CO e de fumaça, razão pela qual em quase todos os grandes túneis rodoviários subaquáticos do mundo se tem mantido as rampas abaixo de 4%.

Os estudos realizados nos Estados Unidos, pelo Bureau of Mines, em colaboração com a Universidade de Yale, concluíram que o nível do monóxido de carbono na atmosfera dos túneis deve ser mantido abaixo de 0.04% mas, como a essa taxa ainda resulta uma quantidade de fumaça que prejudica a visibilidade, tem-se adotado a taxa de 0.03%, valor esse que exige uma considerável movimentação de ar, e, consequentemente, um enorme dispêndio de energia elétrica.

Quanto ao anidrido carbônico ( $CO_2$ ), outro gás produzido na combustão da gasolina e do "gás-oil", produto esse que também não serve para a respiração mas que não é venenoso como o monóxido de carbono (CO), não há problema porque o sistema de ventilação que mantém uma taxa de CO abaixo de 0.03% também mantém, automaticamente, a taxa de  $CO_2$  igualmente a 0.03%, que é a proporção com que este gás se apresenta sempre na atmosfera.

Por outro lado, o organismo humano tolera quantidades muito maiores de  $CO_2$  do que CO e, como salientou o Professor MAURÍCIO JOFFERT, em artigo na revista "Viação" (Junho 1930): "no ar fresco existe, em média, cerca de 0.03% de  $CO_2$  na pressão atmosférica: — se estivermos em repouso poderemos tolerar até 3%; — em maior percentagem começaremos a respirar mais

forte: — a 6% aparecem fortes palpitações; — a 10% sentimos aflições; — para percentagens um pouco maiores há perda de consciência e a 25% é a morte".

São três os processos para ventilar um túnel:

a) a *ventilação longitudinal*, onde o ar fresco entra por uma bôca e sai pela outra ou entra por ambas as bôcas e sai por uma chaminé próxima do centro do túnel.

b) a *ventilação transversal* onde o ar fresco atravessa verticalmente o túnel, saíndo por mezaninos de um conduto abaixo da pista de rolamento e sendo removido por orifícios, no teto falso, para um outro conduto de ar viciado.

c) a *ventilação semitransversal*, onde o ar fresco também entra por um conduto abaixo da pista mas não há teto falso nem conduto de ar viciado, o qual, normalmente mais quente, se desloca junto ao teto abobado do túnel, em sentido longitudinal, em direção às bôcas ou às chaminés.

No túnel Queensway, sob o rio Mersey, em Liverpool, o segundo do mundo em extensão e onde foi adotada a ventilação semitransversal, os 18 sopradores de ar fresco e os 12 exaustores de ar viciado têm capacidade de movimentar 70.792 m<sup>3</sup> de ar por minuto; — êsses sopradores e exaustores totalizaram uma carga instalada de 5.430 hp, alimentada por 22 transformadores entre 100 a 400 kva cada um, num total de 4.850 kva.

No túnel Holland, sob o Rio Hudson, em Nova York, o quarto do mundo em extensão, e onde foi adotada pela primeira vez, em larga escala, a ventilação transversal, há 42 sopradores (14 de reserva) e 42 exaustores (14 de reserva) que consomem uma média de 13.000 kwh por dia a fim de produzirem renovações completas do ar no túnel cada minuto e meio.

No projetado túnel da Études et Entreprises haverá quatro edifícios destinados a abrigar os ventiladores e que se situarão, o primeiro, junto à entrada do lado do Rio; — o segundo, próximo à Ilha Fiscal; o terceiro, numa ilha artificial a ser criada em frente a Niterói e o quarto junto à saída do lado de Niterói.

Além disso haverá alimentação indireta através de uma galeria auxiliar de ventilação, independente do subterrâneo principal e que correrá paralelamente a êle.

Nesses edifícios haverá 24 sopradores e 24 exaustores para movimentar 7.240 m<sup>3</sup>/seg. de ar dentro do túnel, com uma carga instalada total de cerca de 3.500 hp.

A rampa máxima fixada nesse projeto é de 4.5%, descendo do km 0 até o km 1.676 e subindo do km 4,105 até o km 6.105, isto é: 1.676 m de rampa de 4.5% descendo e mais 2.000 m de rampa de 4.5% subindo.



Fig. 9 — Ponte George Washington, em Nova York.

Em túneis rodoviários subaquáticos não temos exemplo de rampas tão fortes em extensão tão grandes; — é bem verdade que, no túnel de Detroit a Windsor, foi feita uma rampa de 5% mas sómente em 332 m de extensão.

Essas fortes rampas irão sobrecarregar o sistema de ventilação desse túnel.

#### IX — O BOMBEAMENTO

Este é outro problema que não existe nas pontes e do qual os túneis subaquáticos não podem se livrar.

Nesses túneis têm que ser previstas instalações de bombeamento para remoção das águas provenientes das:

- a) chuvas;
- b) infiltrações;
- c) condensações da ventilação;
- d) lavagens; e
- e) extinções de incêndios.

As águas das chuvas são aquelas que caem sobre as rampas de acesso às bôcas do túnel e que devem ser impedidas de nêle penetrar por meio de calhas apropriadas e situadas junto aos portais; — assim sendo, deve ser prevista uma estação de bombeamento junto de cada bôca.

As outras fontes de água são todas internas e as águas devem ser encaminhadas a uma cisterna situada no ponto mais baixo do túnel para daí serem bombeadas para fora; — é evidente que essa terceira estação de bombeamento tem que ficar dentro do túnel, próximo do centro, no seu ponto mais baixo, e isso requer cuidados especiais com a instalação de força em alta-tensão para alimentar os motores das bombas, uma vez que se tem que usar equipamentos à prova de explosões, principalmente os transformadores, cujo óleo poderá se incendiar e causar uma catástrofe dentro do túnel.

No túnel Queensway, já mencionado, 11 bombas, num total de 299 hp executam o serviço de remoção das águas; — os motores dessas bombas são alimentados por dois transformadores iguais, num total de 300 kva.

A Études et Entreprises projetou quatro estações de bombeamento, as quais se situarão, a primeira, junto à entrada, no Rio; a segunda, no ponto mais baixo do túnel; a terceira na estação de ventilação nº 3 (na ilha artificial defronte a Niterói) e a quarta ao lado da estação geradora Diesel, de emergência, próximo à saída, do lado de Niterói.

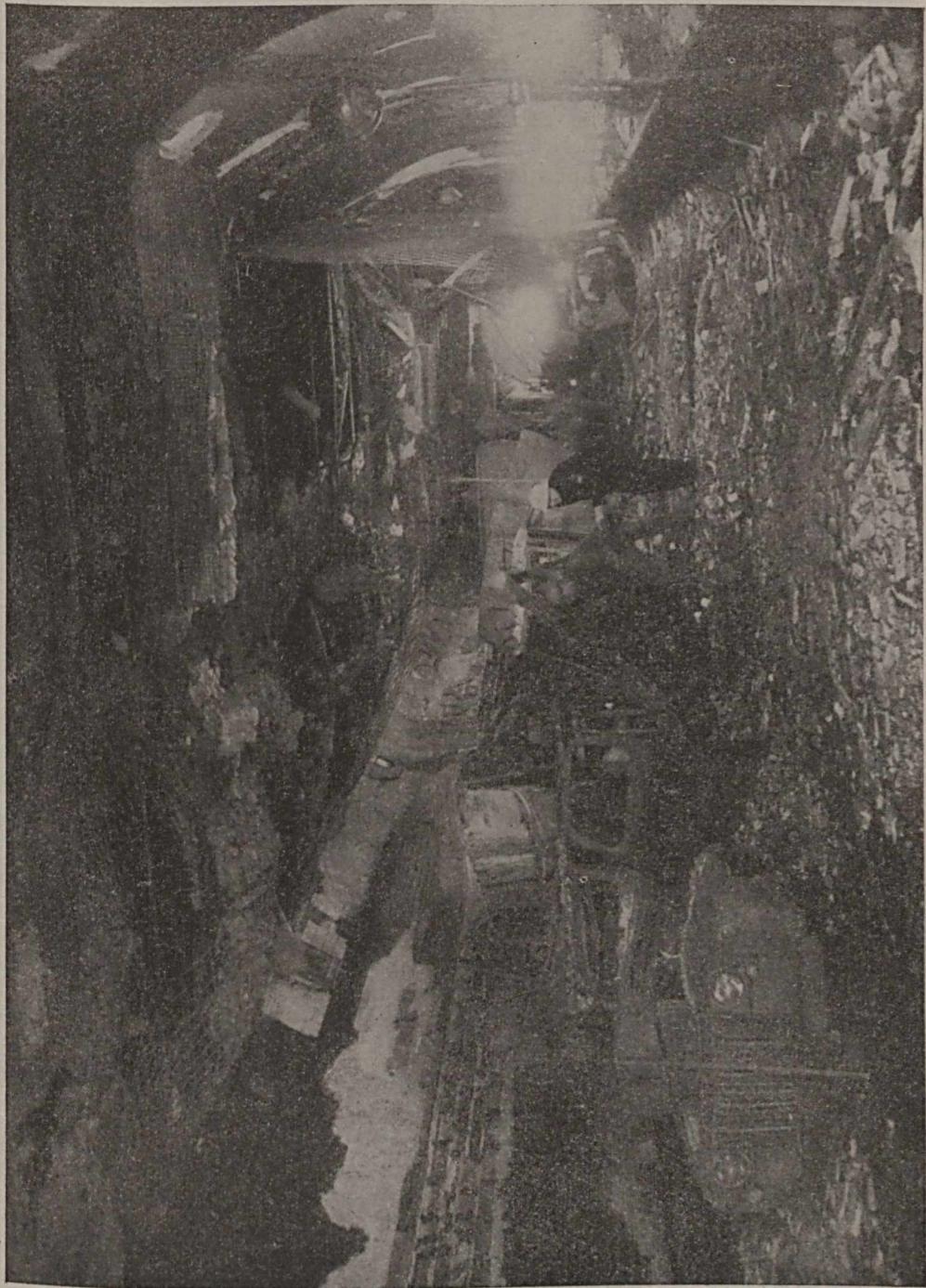


Fig. 10 — Explosão ocorrida no túnel Holland, em Nova York, a 13-5-1949.

Essas estações abrigarão 8 bombas, com a descarga total de 4.700 m<sup>3</sup>/hora e potência total de 390 hp.

Dada a sua localização e por motivos de segurança, os transformadores de 40 kva, destinados à estação de bombeamento no ponto mais baixo do túnel (88 m abaixo do nível das águas), serão isolados, não com óleo, mas com quartzo, o que os encarecerá extraordinariamente.

#### X — A POTÊNCIA INSTALADA

A iluminação, a ventilação, a sinalização e o bombeamento das águas dos túneis em hipótese alguma poderão estar sujeitos às interrupções da energia elétrica proveniente da rede urbana, o que exige a instalação de uma estação geradora Diesel, para emergências.

Aquela empresa francesa imaginou executar o túnel Rio-Niterói em duas etapas: primeiro um tubo e mais tarde, o outro.

Dessa forma, a instalação elétrica também ficará dividida em duas partes e as cargas instaladas, sem considerar as instalações de reserva, seriam as seguintes:

SERVIÇO	1.ª ETAPA	2.ª ETAPA
Ventilação.....	1.800 kw	1.000 kw
Iluminação.....	800	400
Bombeamento.....	170	170
Diversos.....	500	500
Perdas.....	170	100
TOTAIS.....	3.440 kw	2.170 kw

Para atender a essa demanda o túnel receberá energia elétrica só do lado de Niterói, em 60 ciclos por segundo, através de um transformador de 2.000 kva e haverá uma estação geradora Diesel, local, com 3 grupos geradores de 1.650 kva cada (total 4.950 kva).

Essa energia seria suficiente para suprir uma pequena cidade, com umas cinco ou dez mil residências.

#### XI — O REVESTIMENTO

Com a exigência de trilhos para a passagem de trens, não há necessidade de revestimento especial nas pontes ferroviárias, em particular nas metálicas que só exigem pinturas.

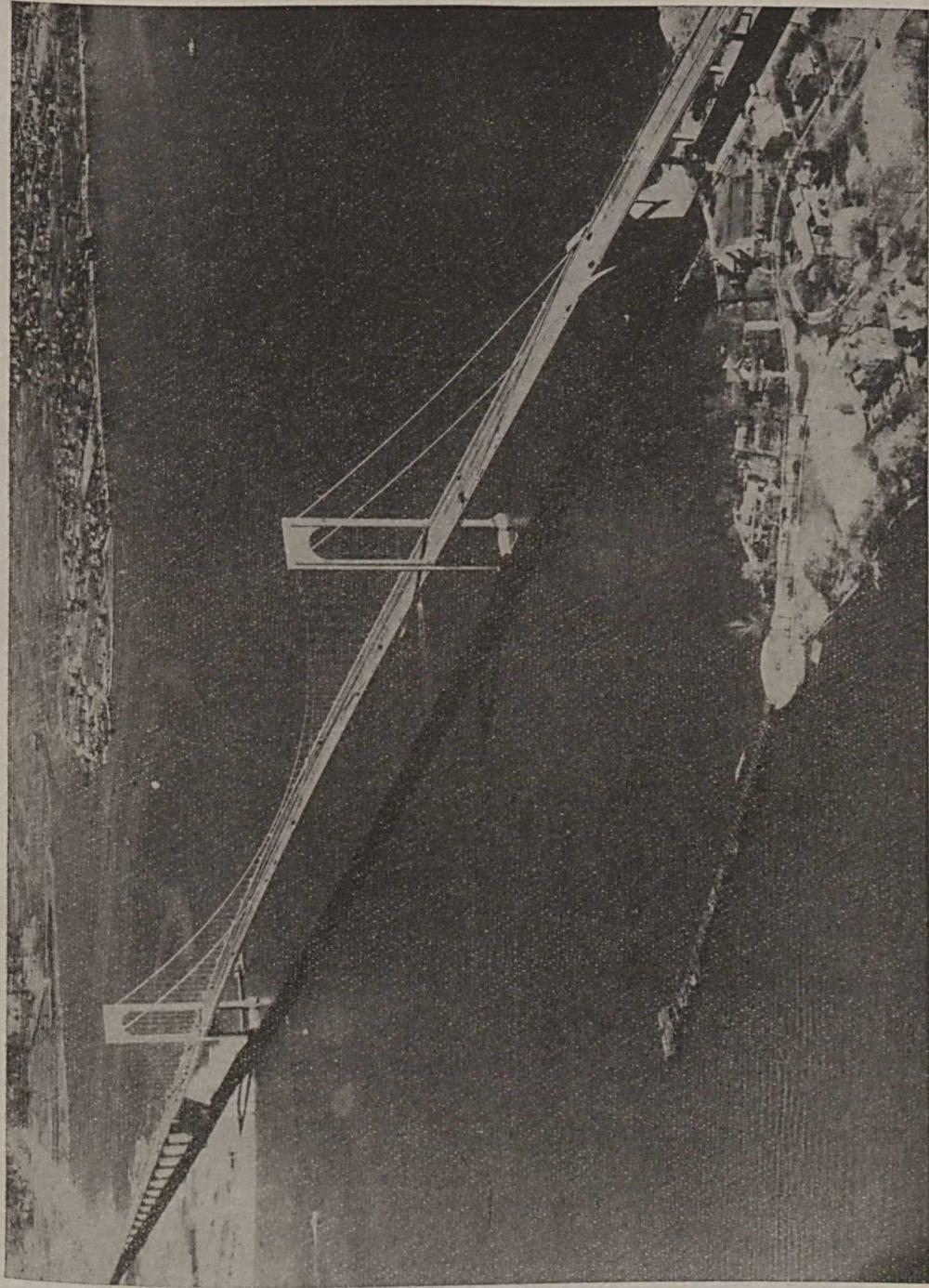


Fig. 11 -- Ponte Bronx-Whitestone, em Nova York inaugurada em 29-4-1939.

Nas pontes rodoviárias as pistas de rolamento devem ter um revestimento de asfalto ou de cimento, bem como nas calçadas laterais que geralmente são cimentadas.

Nos túneis ferroviários subaquáticos, além do revestimento de segurança, constituído por aduelas de ferro fundido ou de concreto armado para evitar os movimentos da rocha ou das camadas sedimentares por onde passa o túnel, não há necessidade de revestimento de acabamento, porquanto os trens elétricos, iluminados internamente e não produzindo CO ou fuligem, dispensam esse acabamento.

Já nos túneis rodoviários, a fim de se obter uma boa distribuição da iluminação, combinada com uma boa aparência e limpeza, há necessidade de um revestimento não só na pista de rolamento e calçadas laterais mas também nas paredes e tetos que exigem um acabamento fácil de lavar os depósitos de fuligem e poeira.

Pelo exposto, torna-se evidente que o revestimento é mais um ônus contra os túneis rodoviários.

## XII — O POLICIAMENTO

Um acidente ocorrido dentro de um túnel, geralmente toma caráter mais perigoso do que sobre uma ponte; — um veículo que se incendeia dentro de um túnel pode facilmente representar uma catástrofe, ao passo que se esse incêndio ocorrer sobre uma ponte, todas as probabilidades são no sentido de que ele fique circunscrito a um caso isolado e facilmente dominado.

Assim sendo é fácil se antever que um túnel rodoviário exigirá muito mais policiamento do que uma ponte rodoviária e a situação atual no túnel Holland com 4 pistas, e na ponte George Washington (Fig. 9), com 8 pistas, ambos através do Rio Hudson, em Nova York, é bem demonstrativa: — naquele túnel são empregados 229 policiais, numa média de 57.3 policiais por pista, enquanto que naquela ponte são empregados 188 policiais, numa média de somente 23.5 policiais por pista: — menos da metade!

As funções dos policiais incluem evitar que os veículos andem acima ou abaixo da velocidade prescrita (geralmente de 40 a 50 km/hora) ou de afastamento prescrito (geralmente 20 a 25 metros entre veículos), impedir a entrada de veículos não permitidos (que variam nas pontes e túneis) e veículos transportando cargas proibidas (que também variam nas pontes e túneis).

O Regulamento de Administração do Pôrto de Nova York, que controla as pontes George Washington, Bayonne, Goethals, Outerbrige e os túneis Holland e Lincoln, bem como como os túneis de acesso à ponte George Washington sob as ruas 178 e

179, estabelece que os seguintes tipos de veículos podem causar retardamento, interferência com o trâfego ou perigo para pessoas ou propriedades, de forma que não são permitidos *nem em pontes nem em túneis*:

- a) Veículos com pessoas do lado de fora ou sentadas com as pernas para fora;
- b) Veículos com pneus furados;
- c) Veículos com motoristas incompetentes ou alcoolizados;
- d) Carretas, carrocinhas e veículos similares;
- e) Veículos motorizados ou reboques com rodas de metal;
- f) Veículos carregados de lixo, feno, palha ou similar não coberto eficientemente.
- g) Veículos com animais ou aves não devidamente confinados;
- h) Veículos tão sobrecarregados que os motores sejam insuficientes;
- i) Veículos com freios deficientes;
- j) Carros tanque com válvulas vazando;
- k) Ônibus com passageiros obstruindo a vista do motorista à sua frente ou entre o motorista e a porta dianteira;
- l) Outros veículos que, a critério do gerente, possam trazer perigo.

Além desses veículos, são proibidos *nos túneis*:

- a) Veículos que produzem maus odores;
- b) Veículos emitindo excesso de fumaça;
- c) Tratores de esteira, locomóveis e veículos a tração animal;
- d) Bicicletas, velocípedes, carrinhos e motocletas com pneus de menos de 7.5 cm de largura;
- e) Animais, exceto quando confinados em veículos;
- f) Ônibus de dois andares, sem teto, com passageiros no andar superior;
- g) Ônibus com passageiros em pé, além de 22 ou de mais da metade da lotação sentada, o que der menos;
- h) Pedestres;

Por outro lado, *nas pontes* são feitas restrições sómente a:

- a) Gado ou animais conduzidos fora de veículos apropriados, cachorros ou outros animais domésticos presos só com corrente e animais puxando veículos, exceto quando fôr obtida adiantadamente com o gerente a permissão de passagem;
- b) Pedestres e carrinhos de crianças são permitidos nas calçadas laterais e as bicicletas e velocípedes podem ser empurrados nas calçadas mas não montados;

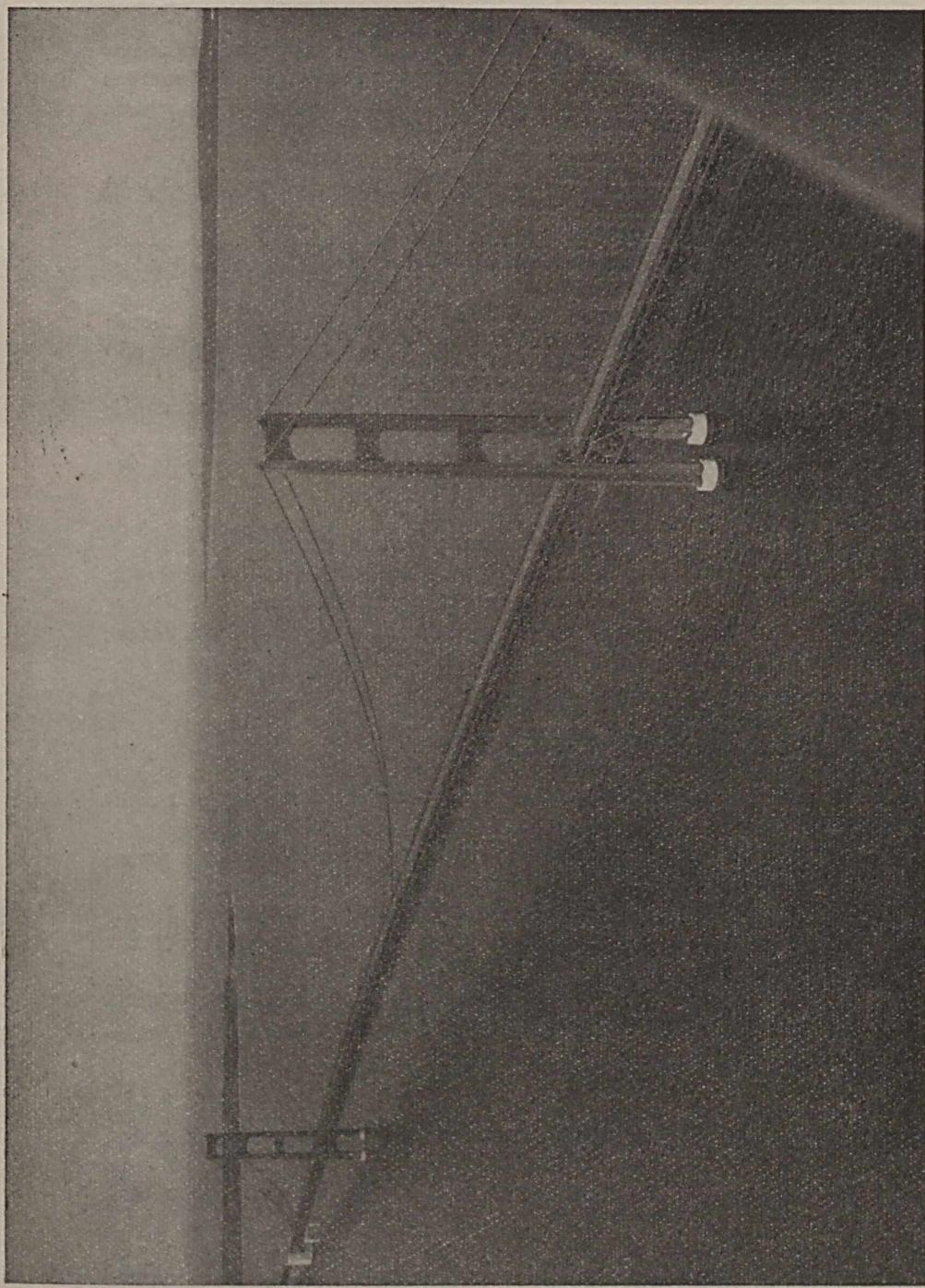


Fig. 12 — Ponte de Mackinac. O segundo vão livre do mundo.

c) Veículos com rodas demasiadamente estreitas para passar, com segurança, sobre as juntas de dilatação.

Além dessas restrições e proibições aos tipos de veículos, há aquelas referentes ao transporte de explosivos e outros artigos perigosos; — *nas pontes* só há proibição de transporte de explosivos "Classe A ou B" (todos os outros fora dos fogos de artifício até 10 libras e espoletas até 1.000) mas, mesmo assim, é possível o transporte desses explosivos nas condições que forem determinadas pelo gerente, a qual deverá ser avisado com uma antecedência mínima de duas horas.

Nos túneis, o *Regulamento enumera uma lista 1.172 itens* de explosivos a outros artigos perigosos que compreende líquidos combustíveis, gases comprimidos, líquidos corrosivos, explosivos, armas nucleares, reagentes de uso medicinal, líquidos inflamáveis, sólidos inflamáveis, materiais oxidantes e artigos venenosos, incluindo materiais rádio-ativos.

Desses 1.172 artigos perigosos que estão sujeitos a restrições principalmente quanto às quantidades a transportar de cada vez, há 200 cujo trânsito pelos túneis é absolutamente proibido; — desses 200 proibidos, 130 são explosivos e os outros 70 são os mais variados, como, por exemplo, gases de petróleo líquеfeitos (butana e propana), ácido pírico, ácido prússico, sódio ou potássio metálico, gases lacrimogêneos ou venenosos, etc.

Esse grande número de proibições e restrições nos túneis cria um trabalho árduo para os policiais encarregados da vigilância, os quais, por mais atentos que estejam não estão livres de deixar passar um violador do Regulamento ou mesmo um sabotador.

O exemplo adiante é uma boa amostra do que poderá acontecer num túnel, por melhor policiamento do que disponha:

Na manhã de sexta-feira, dia 13 de maio de 1949, um caminhão com reboque de 16 toneladas, carregado com tambores de sulfureto de carbono, num total de mais de 4.400 galões (16.720 litros), burlando a vigilância dos seus 299 policiais e violando o máximo de 10 galões (38 litros) que o Regulamento permite transportar de cada vez, entrou no tubo sul do túnel Holland, em nova Jersey, a caminho de Nova York; — tinha o caminhão percorrido sómente um quarto da extensão total do túnel quando o sulfureto de carbono explodiu; — num instante o túnel foi tomado por grossos rolos de fumaça e enormes labaredas se espalharam rapidamente a uma dúzia de outros caminhões alinhados atrás; — os motoristas, na ânsia de salvar suas vidas, fugiram deixando seus veículos debaixo de uma chuva de azulejos e pedaços de estuque e concreto que caiam do teto. (Fig. 10)

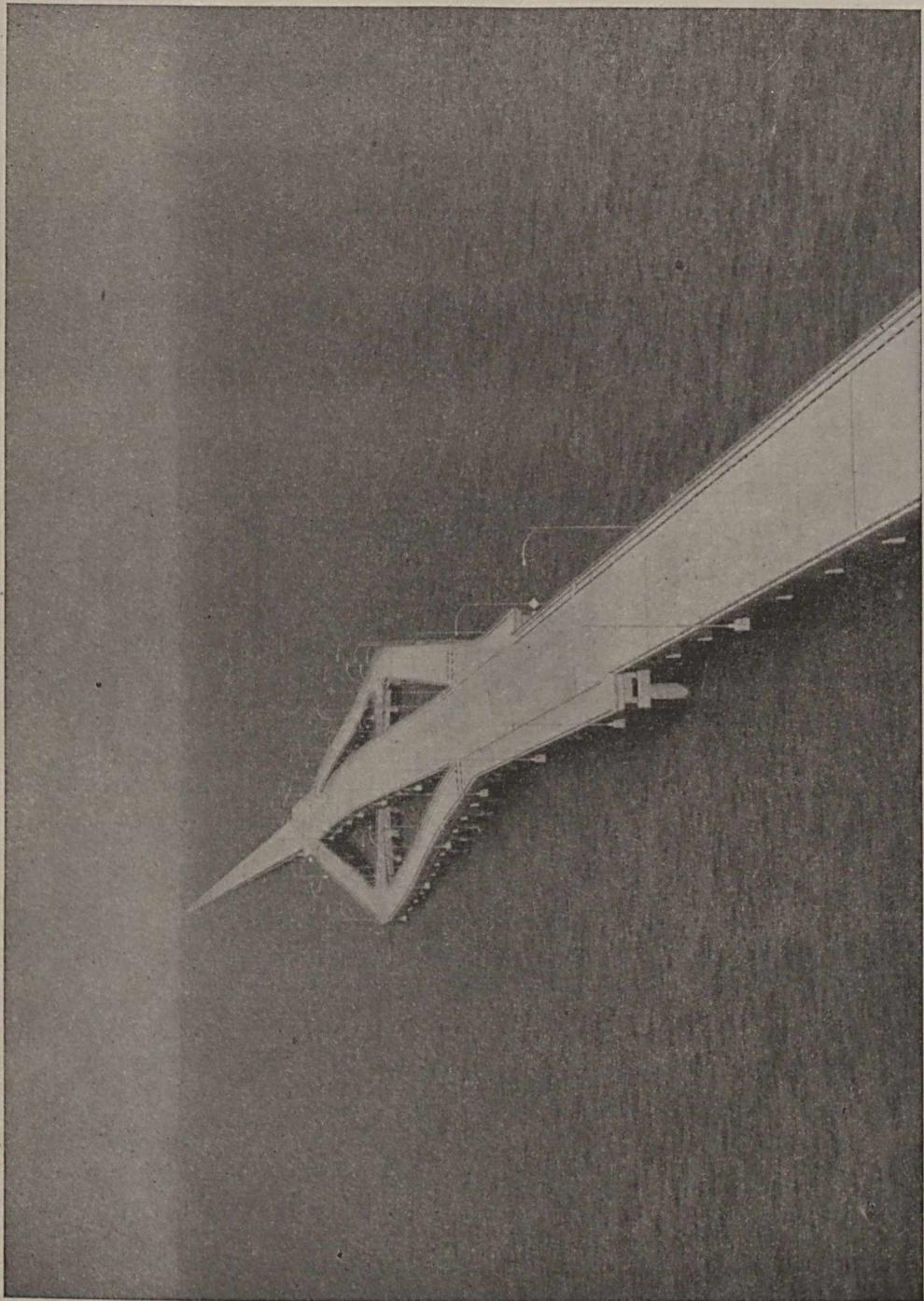
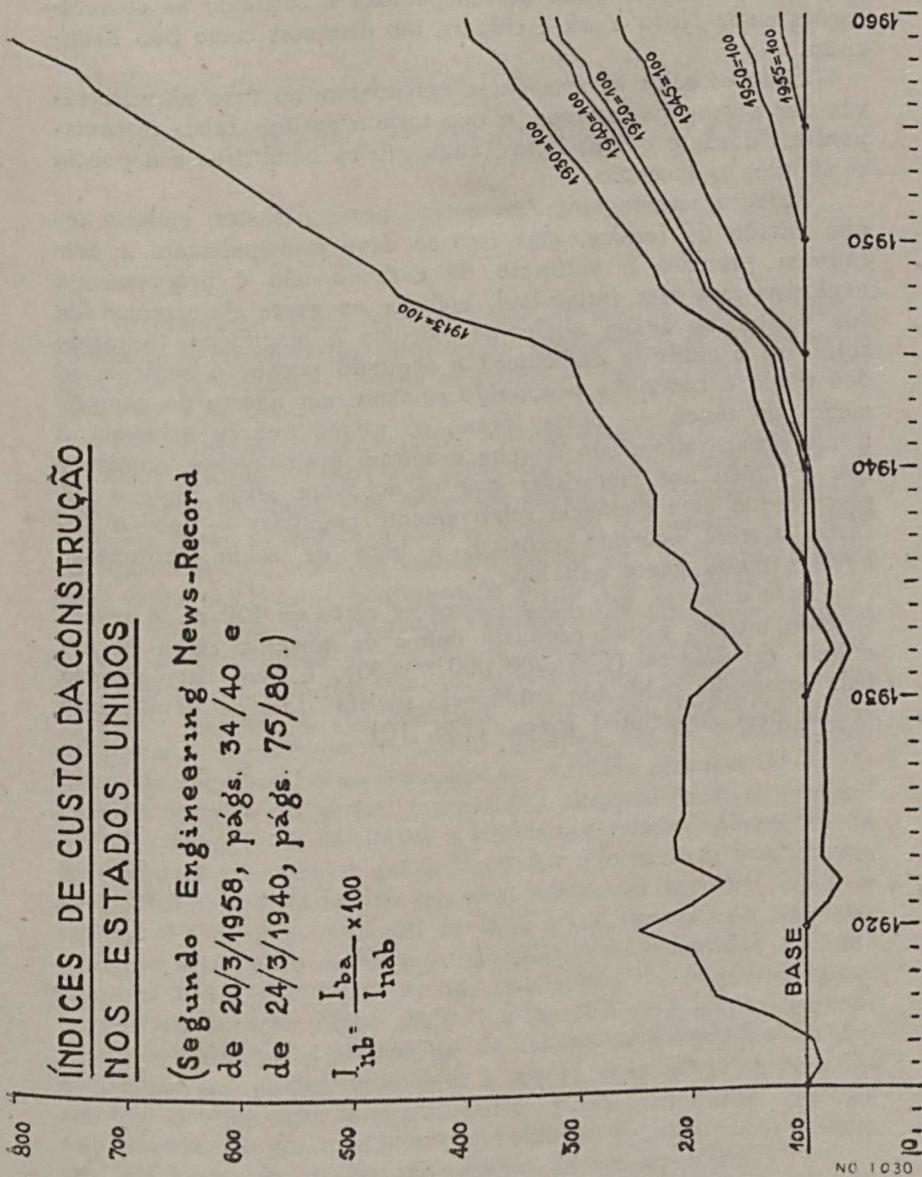


Fig. 13 -- Ponte sobre o Lago Pontchartrain, na Louisiana, 38.300 m de extensão. "Record" de velocidade de construção e "record" de custo de execução.



As chamas chegaram a atingir o revestimento interno das paredes do túnel, derretendo os cabos de telefone, telégrafos e televisão, instalados atrás dessas paredes e cortando as comunicações entre Nova York e cidades tão distantes como São Francisco.

Cedo os rolos de fumaça se estenderam ao tubo norte, através das passagens internas, o que tornou os dois tubos intransponíveis durante quatro horas, enquanto os bombeiros e a polícia combatiam o incêndio.

Milagrosamente ninguém morreu nesse desastre, embora tenha havido 66 feridos, mas isso se deve principalmente a dois fatores: primeiro o sulfureto de carbono não é propriamente explosivo mas sim inflamável, embora os gases decorrentes de sua combustão sejam altamente nocivos à respiração (anidrido sulfuroso e anidrido carbônico) e segundo porque o acidente se deu tendo o caminhão percorrido sómente um quarto do comprimento do túnel; — dessa forma, os carros que se achavam à frente prosseguiram sua marcha e saíram normalmente, enquanto que foi fácil aos motoristas que se achavam atrás fugir a pé, percorrendo uma distância relativamente pequena; — caso o desastre tivesse ocorrido próximo à boca de saída, certamente haveria muita gente asfixiada.

Esse desastre, que atingiu sómente cerca de 150 m do revestimento interno e que produziu danos de sómente cerca de um milhão de dólares (Cr\$ 200.000.000,00), é bem demonstrado pela fotografia publicada então pela revista "Life" e gentilmente cedida pela Associated Press. (Fig. 10)