

Biblioteca das Maravilhas

L. FOURNIER

OS GRANDES
EMPREENDIMENTOS



LIVRARIA CHARDRON

Sala A

Est. 9

Tab. 5

N.º 12

Os Grandes Empreendimentos

BIBLIOTECA DAS MARAVILHAS
PUBLICADA SOB A DIRECÇÃO
de M. A. BERGET

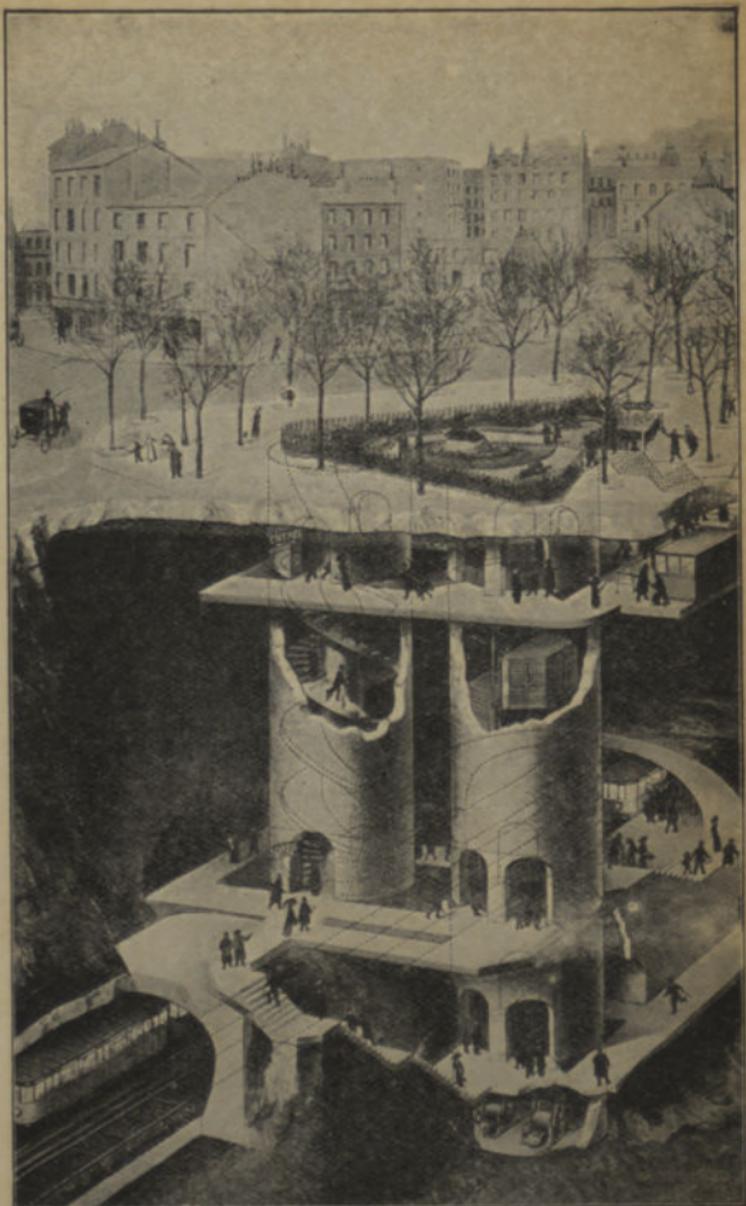
Professor do Instituto Oceanográfico

(TRADUÇÕES DA LIVRARIA LÉLO, LIMITADA, EDITORA
: : : PROPRIETÁRIA DA LIVRARIA CHARDRON) : : :

Os volumes publicados vão marcados por um asterisco

- | | |
|---|--|
| A TELEGRAFIA SEM FIO, por M. A. Berget. | A ELECTRICIDADE, por M. Ernest Coustet. |
| OS SUBMARINOS, por M. Clerc-Rampal. | * O CORPO HUMANO, pelo Doutor Vaucaire. |
| O FUNDO DO MAR, por M. Joubin. | VAGAS E MARÉS, por M. A. Berget. |
| OS INSECTOS, por M. Caustier. | RADIUM E RAIOS X, por M. Niwenglowski. |
| O CINEMA, por M. Ernest Coustet. | A ATMOSFERA, por M. A. Viger. |
| AS MARAVILHAS DO CÉU, por M. Fouché. | * A QUÍMICA, por M. A. Chaplet. |
| OS NAVIOS, por M. Clerc-Rampal. | A ILUMINAÇÃO, por M. Lucien Fournier. |
| OS AVIÕES, por M. J. A. Le-franc. | AS PLANTAS, por M. Becquerel. |
| OS MOTORES, por M. Petit. | * OS GRANDES EMPREENDIMENTOS, por L. Fournier. |

CADA VOLUME É ILUSTRADO COM CÉRCA DE 200 GRAVURAS



A ESTAÇÃO DO CAMINHO DE FERRO NORTE-SUL SOB A PRAÇA
DAS ABBESSES

INV. - Nº 1851

BIBLIOTECA DAS MARAVILHAS



Os Grandes Empreendimentos

POR

L. FOURNIER

1570

COM 192 GRAVURAS

TRADUÇÃO PORTUGUESA

DE

A. COSTA MARQUES

Engenheiro Industrial

(C. S. I.)



BIBLIOTECA DE CARVALHO

AC

MNCT

62

FOU



1934

Livraria Lello, Limitada - EDITORA
144, Rua das Carmelitas - PÓRTO

AILLAUD & LELLOS, Limitada - R. Nova do Carmo, 76, 80 a 84 LISBOA

ARTES GRÁFICAS — PÓRTO

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

AO LEITOR

Os grandes trabalhos executados pelo homem teem provocado admiração : a sua conservação através dos séculos e o testemunho da sua perfeição, a assinatura do génio dos seus autores e as obras-primas dos tempos passados brilham ainda presentemente.

Também possuímos actualmente « maravilhas », modernas, que não pertencem ainda ao domínio da história ; embora tenham nascido duma outra concepção e, para as executar, a arte do architecto tenha cedido o lugar à do engenheiro. Hoje, os engenheiros são os senhores do mundo : em cinqüenta anos, teem executado obras de cada vez mais e mais impressionantes, mais e mais audaciosas, simbolizando o progresso, quer pelo seu conjunto, quer pelos meios postos em execução para as realizar. Mas conhecêmo-las mal, porque, muito diferentes do automóvel ou da T. S. F., não nos interessam directamente ; porque, para as utilizar, não é preciso familiarizarmo-nos com a sua técnica.

AO LEITOR

No entretanto a sua importância é enorme, e são um dos grandes factores da civilização. A «Biblioteca das Maravilhas», conhecedora deste facto, resolveu consagrar-lhe um dos seus volumes ilustrados. Pedimos a M. Lucien Fournier para o escrever, o que elle fez com a sua grande competência e grande clareza de vulgarizador emérito.

Não é uma obra de engenheiro : não são necessários conhecimentos especiais para a ler e compreender, porque o autor dá a definição de todos os termos usados pelo construtor, empregando largamente o «croquis», de que cada traço esclarece mais o nosso espirito do que uma página inteira de descrição.

Desta forma o autor conseguiu agrupar, no quadro da «Biblioteca das Maravilhas», com clareza e precisão, tudo o que um homem do nosso tempo pode e deve conhecer dos grandes trabalhos modernos.

A. B.

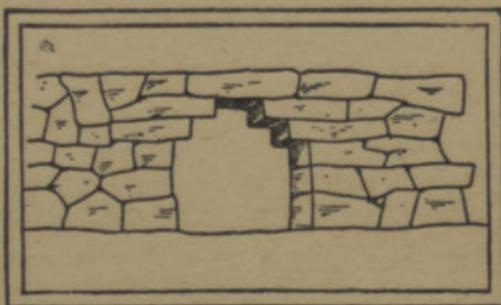


CAPÍTULO I

As construções antigas

As Sete Maravilhas do Mundo. — As pirâmides e os templos do Egipto. — Assírios, Caldeus, Gregos, Romanos. — As estradas romanas. — As pontes romanas. — O lago Fucino. — Os antigos portos do Mediterrâneo. — Os aquedutos. — Os faróis. — As arenas. — A Grande Muralha da China.

AS SETE MARAVILHAS DO MUNDO. ❖❖ Os historiadores gregos e latinos condensaram a história da construção em sete monumentos que designaram pelo nome de as Sete Maravilhas do Mundo. Eram elas a *Pirâmide de Chéops*, o *Túmulo de Mausolo em Halicarnasso*, o *Farol de Alexandria*, o *Colosso de Rodes*, os *Jardins Suspensos de Babilónia*, a *Estátua de Júpiter em Olímpia* e o *Templo de Diana em Éfeso*.



Sómente nos restam destas sete maravilhas a Pirâmide de Chéops, também em risco de desaparecer. Os seus sessenta séculos fazem dela o monumento mais antigo do mundo. ¿Durante quantos séculos oferecerá ainda aos nossos olhos maravilhados a imponente massa da sua estrutura? Dez? Talvez mais, bem que o seu revestimento desaparecido não a proteja mais das mordeduras do tempo. Mas nenhum engenheiro ousaria garantir-lhe uma duração igual àquela que acusa actual-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

mente. Em quarenta séculos será reduzida a poeira, ela e todos os fragmentos de civilização que temos podido salvar das ruínas antigas: o tempo e os cataclismos aniquilarão em dez mil anos tôda e qualquer obra humana.

Outras civilizações existiram anteriormente às dos Caldeus, Egípcios, Chineses e Incas. Um architecto do rei Ausoteren I.^o, da XII.^a dinastia, legou-nos uma inscrição perturbadora no seu laconismo: «Sou o engenheiro chefe dos trabalhos... Os corredores da sala interior (da habitação que êle construiu) são de

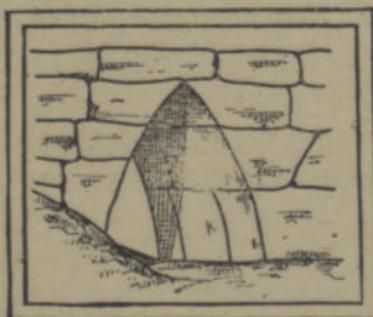


Fig. 2.—Construção ciclópea antiga
(origem da ogiva)

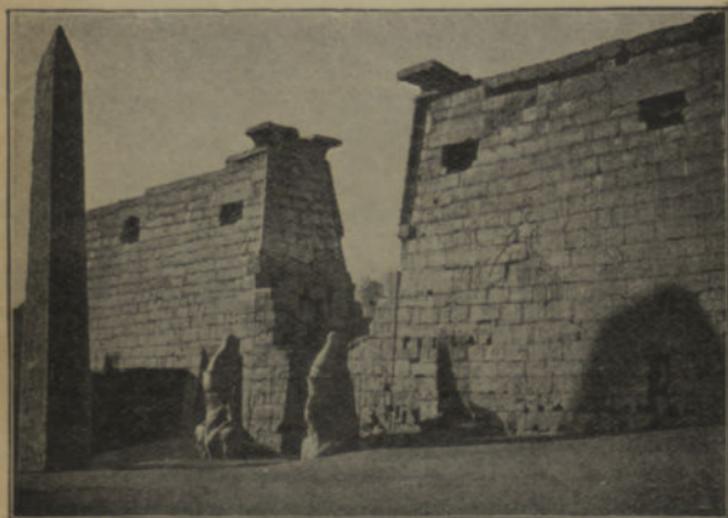
alvenaria e reeditam as maravilhas das construções dos deuses». Não nos deixa claramente compreender que existiam, bastantes séculos antes da XII.^a dinastia, construções tam maravilhosas, que sòmente se podia atribuir a sua origem a intervenção divina? Este bem pobre testemunho constitue o único vestígio (figs. 1 e 2). É sòmente a arte do engenheiro,

na história dos povos desaparecidos, que nos interessa neste estudo. Difere pouco dum povo para outro, duma para outra civilização. Mas, desejosos de construir para a eternidade, todos visaram a duração por intermédio da massa. Mas a massa era o monolito diferentemente talhado, esculpido, gravado, para o transporte do qual se construíam estradas, canais. Desprovidos de qualquer aparelho de alçagem, segundo se conjectura, os architectos utilizavam o plano inclinado recoberto com um estrado lubrificado sôbre o qual milhares de trabalhadores puxavam, a braço, o carro de rôjo carregado com a estátua, o obelisco, a pedra de entablamento. Conheceram também o rôlo, que era colocado debaixo dos carros de rôjo e igualmente a alavanca.

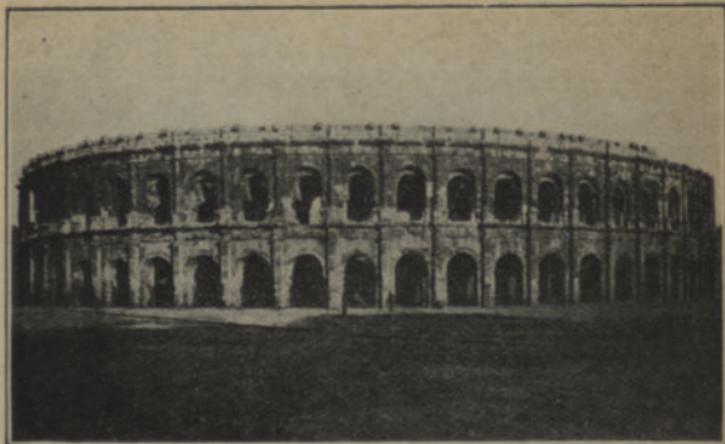
Foi assim que foram construídas as pirâmides, os templos, a muralha da China, outra maravilha mais poderosa,



AS PIRÂMIDES E A ESFINGE



OBELISCO E RUÍNAS DO TEMPLO DE LUQSOR



NIMES : AS ARENAS



A PONTE DO GARD

como massa, que tôdas as outras. Em seguida os Fenícios, os Cartagineses, os Romanos sobretudo, estendendo os limites do mundo antigo, intervieram com um ferramental tam perfeito que, para os ultrapassar, foi preciso esperar pela aparição do motor, quer dizer pelo período actual.

Detenhamo-nos um pouco diante dessas obras magistraes, sobretudo daquelas que deixaram sôbre si mesmas os traços escritos da sua história.

AS PIRÂMIDES E OS TEMPLOS DO EGIPTO. ❖ ❖

As Pirâmides, em número de cem, foram construídas entre 29° 30' e 30° de latitude Norte, a uma distância em linha recta de cêrca de 69 quilómetros. A primeira dêste alinhamento, a de Chéops, é a maior, e presumivelmente a mais antiga; as dimensões das outras vão diminuindo até à do extremo Sul. Perto das maiores, existiam igualmente pequenas pirâmides de 15 a 20 metros de altura.

A grande Pirâmide media, em 1799, por ocasião da campanha do Egipto, 144^m,60 de altura. Num século, perdeu 7 metros. Sendo a sua base um quadrado de 233^m,75 de lado, o seu volume total foi avaliado em 2.512.000 metros cúbicos, de que restam sòmente 2.350.000 em virtude da desapareição do paramento exterior.

A obra-prima do monumento é a grande galeria construída à frente do vestíbulo que precede a entrada da câmara real. Tem 8 metros de altura e 2 de largura; é construída de blocos polidos de calcário de Mohattan, colocados uns por cima dos outros sem cimento. Estes blocos foram ajustados com tam grande perfeição que seria impossível introduzir um fio de cabelo entre as suas juntas. A câmara do rei e a da rainha, na parte superior, teem as paredes em granito. Diz Heródoto que os materiais que serviram para a construção da pirâmide foram extraídos da cadeia da Líbia, para o que se abriu uma estrada desde a montanha até ao Nilo: era feita exclusivamente de blocos polidos de pedra de cantaria, e levou dez anos a construir. Calcula Maspéro que êste trabalho foi muito pouco inferior

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

ao da própria grande Pirâmide, construída em 30 anos por cem mil homens que eram substituídos de três em três meses.

Mariette considera a pirâmide Sakkarah como a mais antiga de tôdas, em virtude de cada face se apresentar sobre a forma de escadaria com degraus de 2 metros de reintrância por cêrca de 10 metros de altura ; o que nos leva a julgar que teria sido construída numa época em que o revestimento exterior não tinha ainda sido inventado.

As Pirâmides eram túmulos. Cavava-se em primeiro lugar na rocha o subterrâneo destinado a receber os despojos mortuários, depois construía-se por cima uma pirâmide pequena. Se a idade e o estado de saúde do monarca, seu futuro possuidor, permitiam prever a construção duma pirâmide mais importante, envolvia-se a primeira duma segunda, depois esta duma terceira, e assim sucessivamente, construindo, em caso de necessidade, outras camaratas na alvenaria superior. Os construtores somente paravam quando se avizinhava o fim provável do ocupador.

Não longe das Pirâmides, em frente ao deserto, levanta-se a *Esfinge* de que somente emerge fora da areia a cabeça ; foi talhada num rochedo numa época talvez contemporânea da grande Pirâmide.

Tebas, a cidade das Cem Portas, appareceu 4.000 anos antes de J.-C., sob a XI.^a dinastia. Nela se amontoavam palácios e templos gigantescos. O mais importante é aquele que se designa actualmente pelo nome de *templo de Karnak*. Somente existem de pé trinta e quatro colunas da grossura da coluna Vendôme, de 70 pés de altura, cobertas de hieroglifos. Este templo, construído por Ramsès I, Séthi e Ramsès II, constituía por si só um mundo de que as ruínas não podem dar senão uma fraca idéa. Uma avenida, que ligava Karnak a Louqsor, era ladeada de mil esfinges nea seus 2 quilómetros de comprimento. Em Louqsor existioi um outro templo, de que nos resta um notável pórtico, à frente do qual se levantavam dois obeliscos, um dos quais, actualmente na praça da Concórdia em Paris, mede 23^m,50 de altura e pesa 220.000 quilogramas.

AS CONSTRUÇÕES ANTIGAS

Estes enormes monolitos eram dum emprêgo correntio na construção egípcia. Heródoto conta-nos que existia, numa das localidades do Delta, uma pedra que media exteriormente 12 metros de altura, 7 metros de largura e 4 metros de profundidade. Talhada, pesava ainda duzentos mil quilogramas. Foram precisos 3 anos para 2.000 barqueiros a transportarem ao seu destino. Certos obeliscos, segundo Diodoro da Sicília, mediam 120 côvados (55 metros) de altura. O que se conhece mais antigo e de maiores dimensões é o de Karnak com 33^m,20 de altura. Foi num dêstes monolitos que se esculpiu a estátua de Ramsès II, que, a-pesar da sua mutilação, mede ainda 11 metros de altura.

Foi igualmente no Egipto que existiu o célebre Labirinto, cuja descrição entusiasta nos foi legada por Heródoto: doze recintos rodeados por uma muralha exterior, três mil salas das quais quinhentas são subterrâneas. Ao lado, o lago Mœris, duma circunferência igual ao comprimento da costa marítima do Egipto, cavado pelos homens, tendo ao centro duas pirâmides de perto de cem metros de altura com um colosso sentado sôbre um trono.

ASSÍRIOS, CALDEUS, GREGOS, ROMANOS. ❖ ❖

Os esplendores do palácio de Ciro, completamente recoberto de lâminas de oiro e de prata com telhas de prata, são-nos contados por Políbio. O templo de Salomão não lhe ficava a dever nada em magnificência e grandeza; foram empregados trinta mil homens a cortar as madeiras necessárias para a construção; oitenta mil pedreiros auxiliados por sessenta mil ajudantes transportavam os materiais para para junto da obra.

De Ninive e de Babilónia, não nos resta quási nada. Os famosos jardins suspensos, obra dum rei sírio posterior a Semirâmis, eram quási inteiramente construídos em tejos, em virtude da região ser pobre em rochas. Constavam de três plataformas sustentadas por pilares de tejos ligados no seu vértice por vigas de pedra de 16 pés de comprimento e de 4 pés de largura. Sôbre estes blocos dispunha-se

GRANDES EMPREENDIMENTOS

um parquet de canas embebidas em asfalto, coberto por uma dupla camada de tejos ligados por gesso. Finalmente uma cobertura de chumbo assegurava a vedação da plataforma. A espessura de terra era suficiente para permitir o crescimento das maiores árvores. Vejamos ainda o palácio de Korsabad, o Versalhes de Ninive, construído por Sargon cêrca do ano de 700 antes de J.-C., flanqueado de cento e sessenta e sete tórres de 25 metros de altura e 24 de largura.

Na Grécia elevava-se, não longe de Esmirna, o templo de Éfeso, que levou, segundo se diz, duzentos e vinte anos de trabalho. Media 120 metros de comprimento por 66 de profundidade e continha cento e vinte e sete enormes colunas terminadas cada uma delas por uma estátua. O vigamento era em madeiramento de ébano.

Infinitamente melhor aparelhados, os Romanos puderam ultrapassar os seus antecessores; mas, como êles, utilizaram o monolito nas construções de grande aparelho (fig. 3). O do Panteão pesa 73 toneladas; os muros da antiga Agrigenta compunham-se de blocos de 19^m,49 de comprimento, 3^m,89 de espessura e 6^m,49 de altura;

Fig. 3. — Muros romanos de grande aparelho. As pedras são ajustadas e colocadas sem interposição de cimento.

pesavam mais de um milhão de quilogramas. Em Roma existem dois obeliscos de granito que tem 3^m,60 de lado na base, 2^m,40 no vértice e 48^m,25 de altura. O seu volume é de 420 metros cúbicos, e pesam cada um dêles 1.160.000 quilogramas.

Os Gregos e os Romanos serviram-se da argamassa. Os

Romanos utilizavam a cal gorda obtida calcinando nos fornos fragmentos de mármore ou de calcário muito puro. Esta cal era misturada com pozolana do Vesúvio (terra vulcânica avermelhada) ou com tejolo moído. Os seus betões eram feitos de três partes de calhaus ou de fragmentos de tejolos e duas de argamassa contendo duas partes de cal e cinco de areia; executavam com betão as grades, as abóbadas e mesmo os reservatórios na sua totalidade.

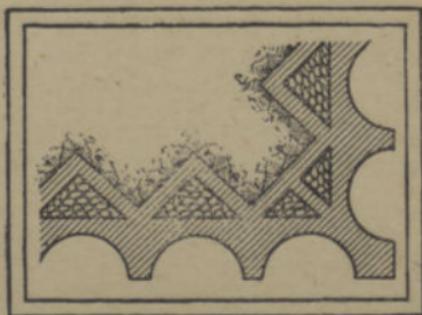


Fig. 4. — *Vista em planta dum muro da cêrca romana com contrafortes semi-circulares exteriores e dentes de serra interiores.*

AS ESTRADAS ROMANAS. ❖ ❖

Os Romanos, os maiores construtores dos tempos idos, copiaram dos Cartagineses a idéa das calçadas empedradas. A via Ápia, no sul da península, foi a primeira; um pouco mais tarde, a via Aureliana, construída até Arles, foi prolongada até à Espanha com o nome de via Domiciana. A grande rêde das províncias data do tempo do Império; compreendia a Gália, a Grã-Bretanha, a Espanha, o Egipto, a Ásia Menor, desenvolvendo-se numa extensão de 79.469 quilómetros, dos quais sòmente 22.000 quilómetros para a Gália.

A largura destas estradas variava de 4^m,13 a 4^m,70, havendo a acrescentar, de cada lado, um passeio cuja largura, de 0^m,50 no mínimo, era algumas vezes igual a metade da largura da calçada. Nos arredores da capital, as vias tinham até 20 metros de largura e os passeios, empedrados como as calçadas, ou pelo menos revestidos com lages, elevavam-se sôbre aparelhos de 20 a 30 centímetros. De 18 em 18 metros, encontravam-se montadouros, espécie de escadarias para montar a cavallo ou para subir para as

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

carruagens e de $1.481^m,50$ em $1.481^m,50$, marcos, com a indicação da distância à cidade mais próxima.

Para construir uma estrada, cavava-se o solo até ao terreno firme ; o cabouco era em seguida nivelado, calcado ou cilindrado ; algumas vezes mesmo fixavam-se estacas. Em seguida estendia-se uma camada de areia ou de argamassa com 10 a 15 centímetros de espessura que se comprimia fortemente, e sôbre esta base, elevavam-se duas, três ou quatro camadas de alvenaria : 1.º, uma ou duas fiadas de pedras chatas ligadas por um cimento ou por argila ; 2.º, uma camada de betão e calhaus ou tejos de 25 centímetros de espessura ; 3.º, de 30 a 50 centímetros dum betão

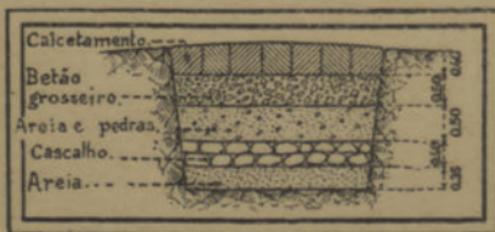


Fig. 5. — Vista em corte mostrando a construção duma estrada romana

de cascalho cilindrado por pequenas camadas sucessivas ; 4.º, finalmente uma camada de $0^m,20$ a $0^m,30$ constituída com diversos materiais, se-

gundo os recursos do país, para formar um revestimento muito duro e muito resistente (fig. 5).

As mais belas estradas eram empedradas em todos o seu comprimento. Nos arredores de Roma, a via Ápia era coberta com mármore ; mesmo os calcetamento em sílex tinham a sua face superior cuidadosamente talhada e as juntas executadas com uma precisão extrema. Tanto quanto possível, estabelecia-se a plataforma em relêvo a que se assegurava a secagem por meio de fossos laterais afastados de 2 metros a $2^m,50$. Tem-se encontrado aterros de 3, 4, 6 metros de altura em comprimentos de 28 quilómetros. Os vales estreitos eram franqueados por viadutos, e foram abertas também numerosas trincheiras em plena rocha. A da via Ápia, à saída de Terracine, tem $4^m,44$ de largura, 30 metros de comprimento e $35^m,55$ de profundidade máxima. O maior túnel está situado entre Pouzzoles e Nápo-

les ; mede 707^m,50 de comprimento, 6 metros de largura e 16 metros de altura.

AS PONTES ROMANAS. ❖ ❖ Certas pontes foram completamente construídas de madeira ; outras, de madeira igualmente, assentavam sôbre pilares de alvenaria (ponte de Trajano, sôbre o Danúbio, não longe das Portas de Ferro, de 1.481 metros de comprimento). Foram excepções. Os Romanos adoptavam, com efeito, quási por tôda a parte, a alvenaria e a abóbada. Bem poucas destas obras teem sobrevivido porque os seus autores parecem terem ignorado o fenómeno da acção das correntes sôbre a base dos pilares. Como encontravam grandes dificuldades em atingir fundos

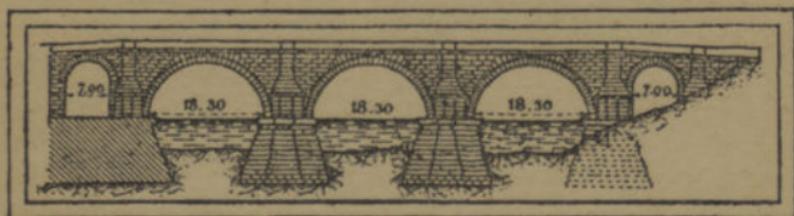


Fig. 6. — A ponte Elius (ponte actual de Santo Ângelo)

resistentes (algumas vezes desviavam os leitos dos rios), contentavam-se geralmente em acumular os materiais de base sôbre vastas superfícies ; mas as águas não tardavam a atacá-los e vencê-los. Das nove pontes de Roma, resta sòmente a ponte Elius (ponte actual de Santo Ângelo) cujos pilares desceram mais de 5 metros no leito do rio.

Os pilares eram sempre construídos com grandes pedras de alvenaria, e os cimbres utilizados para a alvenaria dos arcos apoiavam-se sôbre *cachorros* (peças de madeira em saliência) ou sôbre aduelas salientes (pedras de cantaria) [fig. 7]. Por vezes o cembre era fixado sôbre grandes vigas de madeira apoiadas nos dois pilares. Construía-se em primeiro lugar a abóbada numa largura de 1^m,50, depois collocava-se o cembre debaixo do espaço destinado ao segundo

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

elemento de abóbada para o executar por sua vez, e assim os outros.

Os parapeitos eram mais altos que os das pontes que se constroem actualmente. Na vertical dos pilares, os dados (monolitos) suportavam colunas ou estátuas; as entradas eram freqüentemente guarnecidas de pórticos.

Na Itália, o viaduto de Narni, na estrada de Roma a Terni, attribuído a Augusto, tinha 191 metros de comprimento; a altura era de 44^m,50 obtida por meio de quatro arcos de comprimento variável. Em Rimini, na passagem da via Flaminiana, foi construída uma obra admirável de

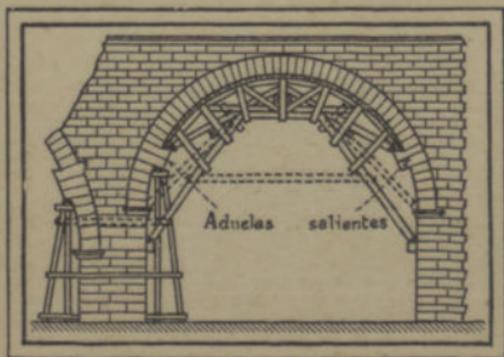


Fig. 7 — Figura mostrando como os Romanos montavam o simples para a construção duma abóbada apoiando-se sobre aduelas salientes (método utilizado na ponte do Gard).

68 metros de comprimento e de 10^m,50 de largura, cujos tímpanos (acima dos pilares) eram ornamentados com nichos encimados com frontões salientes e guarnecidos de estátuas; o parapeito era de mármore.

Na Gália subsiste ainda a ponte de Argens,

chamada ponte Aureliano; mede 17 metros de comprimento. A ponte Flaviano, sobre o Touloubre, tinha 22^m,70; a ponte de Arles, 286 metros. A ponte de Trèves, sobre o Mosela, de basalto, media 230 metros de comprimento e 8 metros de largura.

É a Espanha a que actualmente possui o maior número e as mais belas pontes da antiguidade. Atribue-se a Anibal a construção da ponte de Martorell, no meio da qual se ergue um arco de triunfo; os arcos ogivais foram restaurados pelos árabes. Existe em Ronda uma ponte de 100 metros

de altura e 70 metros de comprimento com um único arco. Em Córdoba, a ponte atribuída a Octávio Augusto é de dezasseis arcos. A de Mérida tem 780 metros de comprimento e 10 metros de altura ; consta de sessenta e seis arcos

A de Alcântara é uma das mais notáveis. Foi edificada em seis anos por Trajano. Dos seus seis arcos, os dois medianos têm 30 metros e são sustentados por pilares de 10 metros de face ; os arcos laterais têm 18 metros. O comprimento total da ponte é de 188 metros ; foi construída com grandes blocos de pedra sem cimento, de juntas perfeitas, ligados por gatos de ferro soldados com chumbo. A sua altura é de 48 metros. No meio ergue-se um arco de 13 metros de altura e 3 metros de espessura.

A ponte de Salamanca é a mais importante de todas as obras (depois do aqueduto de Segóvia) ; tem 735 metros de comprimento distribuídos por vinte e sete arcos sustentados por pilares de 6^m,48 de espessura.

Na África, a ponte de Constantino, lançada sobre o Rummel, de 104 metros de altura, tinha duas ordens de arcos.

O LAGO FUCINO. ❖ ❖ A actividade dos Romanos exerceu-se em todos os domínios ; nada do que podia concorrer para a sua segurança ou prosperidade foi desprezado.

Com o fim de o destinarem à agricultura, empreenderam o esgotamento do lago Fucino que foi talvez a obra mais importante que realizaram. Este lago era uma ba-

cia sem escoamento da cadeia dos Apeninos. Cláudio empreendeu a construção dum emissário de 6 quilómetros de



Fig. 8. — Emissário de esgotamento do lago Fucino. As linhas verticais indicam o lugar dos poços de ataque.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

comprimento, a uma profundidade de 100 metros, sob o maciço montanhoso que separa o lago do vale do Liri (fig. 8); trinta mil homens trabalharam neste subterrâneo, que foi atacado sôbre todo o seu comprimento ao mesmo tempo por trinta e dois poços de 100 metros de profundidade. A obra foi terminada em boas condições, mas um ano depois da sua entrada em serviço, um desabamento destruiu-a. Acrescentemos que foi construído um novo emissário de 1854 a 1876, que forneceu à agricultura uma superfície de 15.000 hectares. Um tremor de terra destruiu-o em 1915; os trabalhos provisórios de reconstrução estão em andamento.

OS ANTIGOS PORTOS DO MEDITERRÂNEO. ❖ ❖

Os portos de mar são de origem fenícia. Tiro possuía dois portos artificiais comunicando entre si por um canal interior. O do Sul era fechado por um molhe de 2 a 3 quilômetros de comprimento. Cartago, fundada no começo do IX século antes de J.-C., possuía um pôrto cuja entrada era constituída por dois molhes convergentes terminados por duas tôrres; comportava duas bacias, de que uma, circular, era o pôrto militar que comunicava com o pôrto comercial, de forma rectangular. O conjunto devia ter cêrca de 800 metros de comprimento por 325 metros de largura e cobrir 26 hectares.

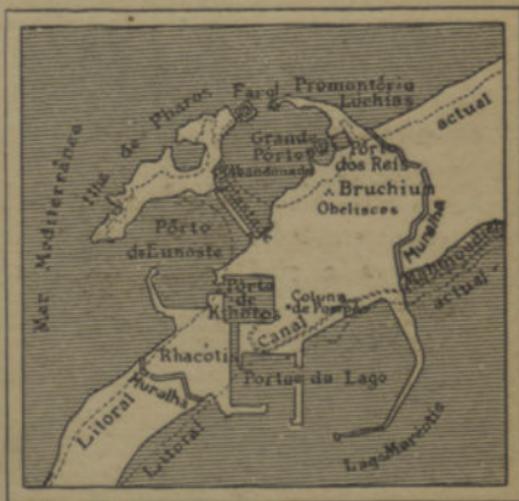


Fig. 9. — Planta do pôrto de Alexandria.

comportava duas bacias, de que uma, circular, era o pôrto militar que comunicava com o pôrto comercial, de forma rectangular. O conjunto devia ter cêrca de 800 metros de comprimento por 325 metros de largura e cobrir 26 hectares.

AS CONSTRUÇÕES ANTIGAS

Atenas possuía dois portos; Corinto dois igualmente, um no gôlfo de Salónica, o outro no gôlfo de Corinto. Depois seguiam-se os portos de Éfeso, cidade sem igual pela sua magnificência; de Foceia, de Esmirna e, nas ilhas: Lesbos, Chios, Samos, Creta, Rodes, Chipre. Pireu foi o pôrto mais importante da Grécia antiga. Alexandria, fundada por Alexandre o Grande em 331 antes de J.-C., teve um dos mais belos portos da antiguidade (fig. 9); era abrigado pela ilha de Faros, a um milhar de metros da costa, que Ptolomeu fez ligar ao continente por uma ponte-molhe aberta oferecendo duas largas passagens aos navios.

Os Romanos sômente começaram a construir portos quando se deu a ampliação do Império. Cêrca de 630 Ancus Martius fundou o pôrto de Roma, em Óstia, na foz do Tibre. Mas os depósitos do rio rãpidamente o tornaram inabordãvel; Clãudio fez construir dois molhes curvos, deixando uma passagem de 180 metros de largura protegida por um quebra-mar, 65 metros à frente. A

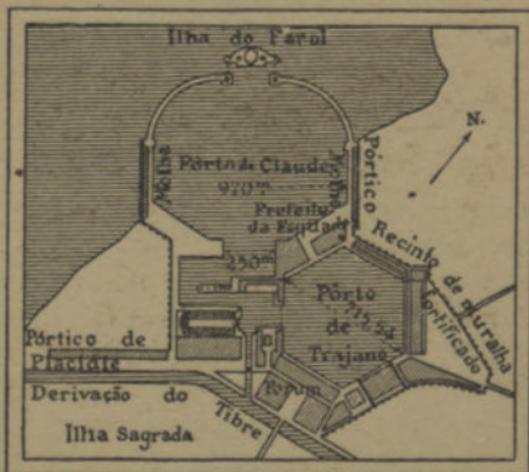


Fig. 10. — Planta do pôrto de Óstia.

baía assim delimitada tinha 970 metros de largura e 760 metros de profundidade. Os molhes, de 48 metros de largura, possuãam armazens. Para construir as fundações de quebra-mar, não se exitou em utilizar como caixão o navio construido por Calígula para transportar do Egipto o obelisco e os quatro blocos de ângulo do circo do Vaticano. Seguidamente a parte anterior do molhe foi dotada dum farol gigantesco. No fundo da baía, um canal, cuja largura dimi-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

nuía de 250 metros a 66 metros, encontrava um outro que punha o pôrto em comunicação com o Tibre (fig. 10).

No ano de 104 Trajano fez cavar nas terras uma bacia hexagonal de que o maior diâmetro era de 715^m,54 e os lados de 357^m,77. A sua superfície era de 32 ha. 19 a. O canal, disposto em bacia, tinha, de lado, 10 hectares de superfície; de sorte que a superfície de água total do pôrto atingia 111 hectares. 6.000 metros de cais permitiam uma superfície de desembarque de 10 ha. 71. Pórticos, em belas arcadas dóricas, marginavam os molhes e os cais; o de Plácideo, na margem de derivação do canal do Tibre, desenvolvia-se sôbre 537 metros de comprimento.

Fréjus foi o grande pôrto militar romano do lado dos Gauleses. Construído por Júlio César como pôrto de comércio, em seguida abandonado, estabeleceu-se o pôrto militar à frente. Marselha finalmente figura no número dos grandes portos da antiguidade.

OS AQUEDUTOS. ❖ ❖ É ainda às civilizações mais antigas que é preciso recorrer para encontrar a origem dos aquedutos cujos vestígios surgem por tôda a parte. Tiro possuía três célebres aquedutos lançados por cima do mar para levar à cidade a água das fontes da margem. O aqueduto de Cartago é o único monumento que sobreviveu parcialmente à destruição da cidade. Tinha 125 quilómetros de comprimento; as arcadas eram por vezes de dois andares elevados até 33 metros, e as águas transportavam-se a cisternas abobadadas de grande capacidade.

Os Gregos tiveram também belos aquedutos. Heródoto conta que se viam, na ilha de Samos, as ruínas dum aqueduto construído por Eupalinos de Megara; tinha 7 estádios (1.295 metros) de comprimento, 8 pés gregos (2^m,464) de altura e outro tanto de largura. Passava por debaixo duma montanha de 150 braças (277^m,50) de altura que sustentava a Acrópole. A ruína do aqueduto de Patara, em Lícia, era das mais interessantes. Via-se nela um sifão em pedras

AS CONSTRUÇÕES ANTIGAS

de cantaria suportado por uma alvenaria ciclópica que datava certamente de uma época extremamente recuada.

Em nenhuma outras obras se mostraram os Romanos tam grandes como na construção dos seus aquedutos. O primeiro, o aqueduto de Agripa, estabelecido no ano 313 antes de J.-C., conduzia a Roma as águas das fontes duma colina situada a 11 quilómetros. Outros se seguiram; o mais importante desenvolvia-se sobre 80 quilómetros, dos quais 9 sobre arcadas; as suas águas chegavam a Roma a 47^m,72 de altura. Tôdas as canalizações que chegavam à Cidade Eterna, nela vertiam perto de 800.000 metros cúbicos de água.

Muito exigentes sob o ponto de vista da qualidade das suas águas, os Romanos rodeavam as suas fontes de muros espessos, que eram recobertos com uma abóbada e duplicados por vezes por uma bacia de decantação (fig. 11). As canalizações eram igualmente cobertas. Construam a grade em betão, os pés direitos e as abóbadas em alvenaria. O todo era revestido interiormente dum induto de cimento. A limpeza efectuava-se por buracos de visita abertos nas abóbadas a 60 ou 80 metros uns dos outros.

Um pouco por tôda a parte os aquedutos apresentavam travessias subterrâneas. Perto de Tivoli, nos arredores de Roma, o túnel foi furado na rocha em 1.500 metros de comprimento, 1^m,25 de largura e 1^m,60 de altura. Na terra, os túneis eram construídos de alvenaria sobre 50 ou 80 centímetros de espessura. O aqueduto de Antibas media 4.940

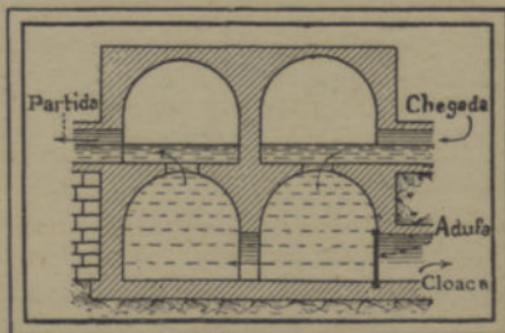


Fig. 11. — Reservatórios Romanos de depuração de água. As flechas indicam o caminho percorrido pela água nos reservatórios: decanta-se nas bacias inferiores, e as lamas são esgotadas pela abertura da adufa.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

metros de comprimento subterrâneo, e os buracos de visita iam até 18 metros de profundidade.

Quando os vales eram muito profundos, franqueavam-se com sifões. Um dos mais curiosos era o do monte Pilatos, que atravessa o vale de Garon, perto de Lião, sôbre uma linha de arcadas de 16 metros de altura (fig. 12). A conduta de chegada desembocava numa câmara de distribuição de 4^m,50 por 1^m,80 e 2^m,05 de altura, provida de comportas de corredeira para regular o escoamento das águas. Desta câmara nasciam nove tubos de chumbo: tinham 0^m,22 de diâmetro interior, desciam e subiam os flancos do vale sôbre construções inclinadas a 45°. A meia altura, cada tubo

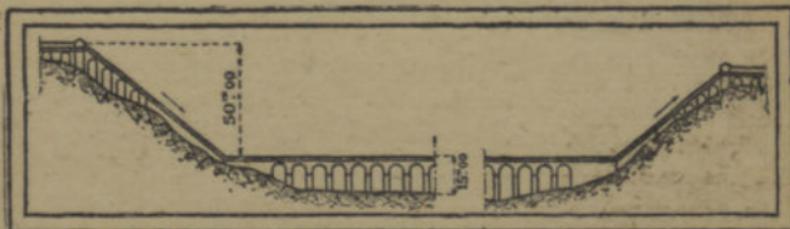


Fig. 12. — Uma ponte-sifão romana perto de Lião.

separava-se em dois para efectuar a travessia da parte baixa e evitar as pressões muito grandes. Sôbre a outra vertente, os tubos largavam a água numa câmara semelhante à primeira, a qual fazia seguimento a uma galeria ordinária.

Foi na África que os Romanos construíram os maiores reservatórios de alimentação das cidades. Constantina possuía trinta e duas cisternas que distribuíam a água por orifícios calibrados em caixões de nível constante, e as ligações particulares eram retiradas das condutas principais.

Nas Gálias, o mais importante aqueduto foi o de Nîmes, dum comprimento total de 49.750 metros; a sua diferença de nível, duma extremidade à outra, era de 17 metros, e conduzia as águas a 15 metros acima da cidade.

A obra capital dêste aqueduto é a ponte do Gard, que

ainda existe completamente. Consta de três andares sobrepostos : o primeiro está $12^m,87$ acima do nível do rio ; a sua largura é de $6^m,36$; o segundo a $19^m,50$ acima do primeiro ; a sua largura é de $4^m,36$; o terceiro a $7^m,40$ de altura acima do segundo ; tem $3^m,06$ de largura. Os comprimentos respectivos de cada um dos três andares são $142^m,35$, $214^m,45$ e 273 metros. O arco central que dá passagem às águas do Gardon tem $24^m,72$ de abertura ; os arcos do terceiro andar, em número de trinta e cinco, tem $4^m,80$ somente. Estas abóbadas tem fechos salientes que suportaram os simples durante a execução dos trabalhos. A espessura máxima das abóbadas é de $1^m,60$; as do terceiro andar tem $0^m,60$ somente.

A bacia mede $1^m,20$ de largura e $1^m,66$ de profundidade ; a espessura dos pés direitos é de $0^m,86$ e as lages de cobertura da bacia vão até $3^m,64$ de comprimento.

A ponte apresenta uma ligeira curvatura, que se considera como inútil e que se torna inexplicável. Ergue-se, majestosa, através o vale do Gardon, como um arco de triunfo levantado em honra do génio humano.

Lião, que foi com Narbona a cidade mais povoada das Gálias, teve quatro aquedutos : o mais importante era o do monte Pilat de Fourvières, de 52 quilómetros, que se compunha de dezassete obras de arte, entre as quais o sifão de que falamos. O aqueduto de Metz, de 22 quilómetros de comprimento, atravessava o Mosella sobre uma das maiores obras deste género executadas pelos Romanos. Media 1.120 metros de comprimento e erguia-se sobre catorze arcos a 33 metros acima da estiagem.

Lutèce era alimentada por três aquedutos : o de Auteuil, construído por Constâncio Chloro, do ano de 292 ao ano de 306 ; o de Arcueil, que se attribue a Juliano o Apóstata, assim como as condutas de Chaillot.

Tôdas as cidades da Gália foram aliás abundantemente providas de água pelos Romanos : Fréjus, Arles, Marselha, Vienne, Autun, Besançon, Lillebonne, Mans, Évreux, Bayeux, Lisieux, Tours, Luynes, Poitiers, Saintes, Rodez,

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Cahors, Périgueux, Tolosa, Bordeus, etc., beneficiaram desta actividade quási inconcebível.

Na Espanha, encontram-se vestígios de aquedutos tam numerosos como na Gália. Segóvia, que foi uma das maiores cidades romanas, teve um aqueduto que funciona ainda e que pode ser considerado como uma verdadeira maravilha. Construído no ano de 109 depois de J.-C., no govêrno de Trajano, o seu comprimento é de 17 quilómetros, dos quais 772 metros em maciço de alvenaria e 818 metros numa ponte de cento e dezanove arcadas em dois andares. O andar inferior tem 276 metros de comprimento e a sua altura varia de 7 metros a 28^m,50; é construído em pedras de grande aparelho de juntas precisas, sem cimento.

Os de Tarragona, Sevilla, Mérida, são igualmente obras de grande beleza.

Tenès, Orléansville, Alger, Aumale, Philippeville, Constantina, em África, Beyrouth, Bezana, a Córsega e a Sardenha eram também largamente aprovisionadas de água como tôdas as outras cidades do Império.

Dos esgotos romanos, construídos em Roma para o saneamento da cidade, só nos resta o grande colector, que mede 5 metros de largura e 8^m,20 de altura entre o fundo e o fecho. A abóbada tem 1^m,80 de espessura. Ainda aqui tôda a alvenaria foi feita em grandes blocos de pedra tendo até 1^m,75 de altura, sem cimento. Construído no ano de 514 antes de J.-C., tinha 738 metros de comprimento.

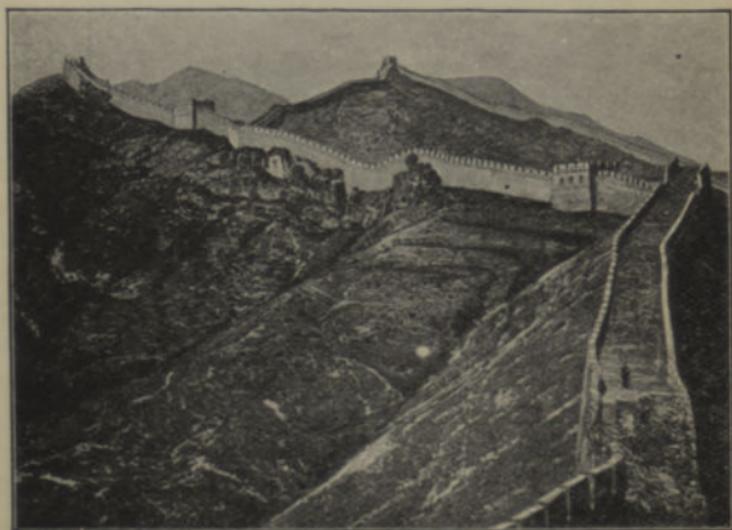
OS FARÓES. ❖ ❖ Uma palavra ainda sôbre os faróes de que o maior, o de Alexandria, foi uma das maravilhas do velho mundo. Construído no reinado de Ptolomeu Soter, apresentava uma solidez notável. As pedras, muito duras, eram assentes sôbre fôlhas de chumbo e ligadas por cavilhas fixadas com chumbo. No dizer do árabe Edria, que o viu no século XII, a sua altura era de 160 a 170 metros e o seu vão de 150 quilómetros (número muito exagerado). De forma quadrada, os seus lados eram verticais até 100 metros de altura. Acima sobrepunham-se sete andares aboba-



ROMA : O COLISEU



AQUEDUTO DE SEGÓVIA



GRANDE MURALHA DA CHINA

dados, em reentrâncias sucessivas, com galerias de contôrno. Foi destruído a 8 de agosto de 1303 por um tremor de terra.

Foi ainda um cataclismo idêntico que destruiu o Colosso de Rodes, de 33 metros de altura, representando Apolo. Tinha sido construído na entrada do pôrto para servir de farol, no ano 288 antes de J.-C., e foi destruído cinqüenta e seis anos mais tarde.

Em Óstia, o farol foi construído pelo modelo do de Alexandria; tinha 60 metros de lado na base e sete andares. O de Bolonha foi o mais importante de todos os que os Romanos construíram nas nossas costas: era uma tôrre feita duma série de pirâmides truncadas sobrepostas; a da base tinha 20 metros de diâmetro e, em cada uma dos doze andares, uma cornija saliente alargava as galerias.

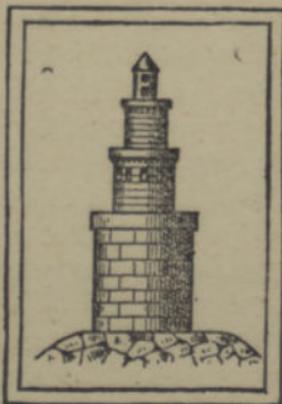


Fig. 13.—Farol romano segundo um medalhão antigo.

AS ARENAS. ❖❖ Poderemos relegar ao esquecimento os anfiteatros de que as arenas de Nîmes, o Coliseu, sobretudo, nos oferecem ainda uma visão grandiosa? O grande circo de Roma tinha 682 metros de comprimento e 130 de largura. Era rodeado por três andares de galerias sobrepostas, providas de grades de pedra no andar inferior e de madeira nos outros dois. Podiam-se acomodar nêle trezentos mil espectadores.

A GRANDE MURALHA DA CHINA. ❖❖ Existe uma nação de quem se esquecem com muita facilidade as maravilhas: a China da vélha civilização, e que possui monumentos ao pé dos quais empalidecem a maior parte daqueles de que acabamos de falar. Infelizmente, são muito

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

pouco conhecidos e apenas podemos citar, ao lado da Grande Muralha, o Grande Canal, o molhe da baía de Hankow, as pontes de Futchéu e de Lao Yang.

A Grande Muralha é presumível que tivesse sido construída cinco séculos antes da era cristã. Ninguém a percorreu em tôda a sua extensão; calcula-se o seu comprimento em 6.000 quilómetros. A sua altura varia de 7 a 18 metros, a largura da sua base de 5 a 8^m,50 e a do vértice de 4 a 6 metros. Os construtores utilizaram os materiais que encontraram no local: são, umas vezes, grandes pedregulhos bem cimentados, outras vezes tijolos assentes em fundações de blocos de grés, e igualmente blocos de granito e mesmo terra fortemente calcada. Cada 100 ou 200 metros, degraus, abertos do lado chinês, permitem o acesso ao caminho de vigia. A muralha é coroada por tôrres a distâncias pouco mais ou menos iguais; teem 13 metros de altura e mais.

O sr. Alfredo Léger, no seu livro sôbre os *Trabalhos públicos dos Romanos*, assinala as duas pontes chinesas que acabamos de citar como sendo obras únicas. A de Futchéu teria 7.935 metros de comprimento, 49 metros de altura e 19^m,50 de largura de calçada; comporta cem arcos de volta plena de 39 metros de abertura em grandes pedras de cantaria sustentadas por pilares de 4^m,87 de espessura.

As pontes

CAPÍTULO II

Pontes de alvenaria. — Pontes metálicas, generalidades. — Pontes de vigas rectas. — Pontes cantilever. — Pontes em arco. — Obras mixtas. — Pontes suspensas. — Pontes transbordadoras. — Pontes giratórias. — Pontes de báscula. — Pontes em betão de cimento armado.

As pontes são construídas em *alvenaria*, em *metal* ou em *cimento*.

PONTES DE ALVENARIA. ❖ ❖ Não pode ser pôsto nenhum limite ao comprimento das pontes de pedra, porque é sempre possível juntar arcos em seguida uns aos outros. Pelo contrário, é-se detido no que diz respeito ao vão dos arcos individuais. Uma ponte suporta, com efeito, duas espécies de esforços principais: aqueles que são devidos à *carga permanente* representada pelo próprio pêso da ponte e os que são devidos às *cargas móveis* ou *rolantes* como os peões, os veículos, os combóios. Os primeiros são sempre muito superiores aos segundos.

É por isso que, nas pontes de pedra, não se pode aumentar o vão dos arcos senão aumentando o cubo da alvenaria, cujo pêso se tornaria tam grande que a obra não poderia mais suportá-lo. Para remediar êste inconveniente, substituíram-se as abóbadas duma só peça por dois ou mais arcos paralelos em cima dos quais se coloca uma lage geralmente de betão armado, que exerce as funções de tabuleiro. Tem sido possível executar desta forma obras mais arrojadas e elegantes, realizando no entretanto uma notável economia de alvenaria. A esta categoria pertencem a ponte Adolfo, no Luxemburgo, terminada em 1903, cuja

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

abóbada principal tem um vão de 86^m,65, e tôda uma série de novas pontes que o govêrno marroquino faz executar presentemente.

PONTES METÁLICAS. GENERALIDADES. ✚ ✚ É a ponte moderna a ponte metálica, que assenta sôbre os encontros da margem e em *pilares* de alvenaria. Compõe-se de *vigas principais*, ou mestras, geralmente em número de duas, encarregadas de transmitir aos apoios os esforços produzidos pela carga permanente e pelas cargas móveis. Entre estas vigas estende-se o tabuleiro, constituído por carlinga e por *longarinas* perpendiculares a estas peças. O tabuleiro suporta a *cobertura*, que é uma calçada de macadame, empredrada ou lajeada em betão armado. Nas pontes dos caminhos de ferro, a cobertura foi feita durante muito tempo com um soalho coberto de balastro; actualmente é, geralmente, constituída por chapas lisas ou estriadas. Finalmente a ponte comporta o *contraventamento*, formado dum conjunto de peças que ligam entre si as vigas assegurando a rigidez transversal da obra e a sua resistência ao vento, que exerce uma pressão considerável.

As pontes metálicas pertencem a uma ou outra das duas grandes classes seguintes :

- 1.º As de *vigas principais rígidas* ;
- 2.º As de *vigas principais flexíveis*.

As primeiras são constituídas por esqueletos metálicos compostos de elementos rígidos e indeformáveis, susceptíveis de suportar indiferentemente esforços de tracção ou de compressão e de resistir a esforços laterais duma certa importância. Nas vigas flexíveis, os elementos principais são compostos de cadeias ou de cabos capazes de resistir a outros esforços além dos esforços de tracção. À primeira categoria pertencem as *pontes de vigas*, que apoiam verticalmente sôbre pilares e os encontros, e as *pontes de arcos*, nas quais as reacções de apoio são inclinadas. As *pontes suspensas* são da segunda categoria.

PONTES DE VIGAS RECTAS. ✚ ✚ As pontes de vigas rectas pertencem a um dos tipos representados pelos seis «croquis» que acompanham êste texto. Na Europa, emprega-se sobretudo uma viga do tipo Pratt (fig. 14), com contra-tirantes em todos os quadros, e para

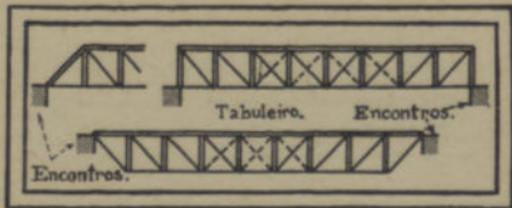


Fig. 14. — Viga Pratt.

as obras importantes, uma viga composta derivada do tipo Warrent (fig. 15), chamada viga de *treillis*. As primeiras

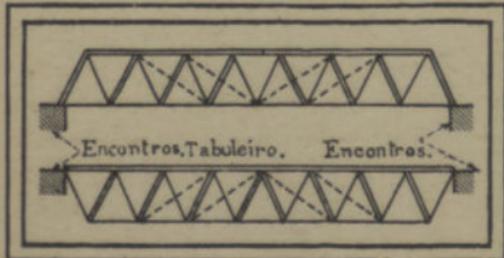


Fig. 15 — Viga Warren.

grandes pontes metálicas construídas na Europa tinham as suas vigas de almas cheias. O antepassado é a ponte de Britânia, construída por Brunel em 1850 sôbre o estreito de Me-

nai, que separa a ilha de Anglesey de Inglaterra. As suas vigas principais de almas cheias e os contraventamentos superior e inferior formados de placas de chapa dão a esta ponte o aspecto dum enorme tubo de ferro de secção quadrangular. Esta



Fig. 16. — Viga Linville (viga Pratt dupla).

obra, muito importante pois que comporta oito tramos, dos quais quatro de 139^m,39 de vão, foi considerada no seu tempo como extremamente audaciosa. Na mesma época foi

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

construída na América a poderosa ponte de Vitória, sobre o Saint-Laurent, comportando vinte e cinco tramos de 75



Fig. 17. — Viga dupla Pratt (ponte do Niagara).

metros de abertura e apresentando igualmente o mesmo aspecto tubular; foi substituída, depois, por uma obra mais moderna.

Os engenheiros apenas empregaram depois, para as obras importantes, as vigas de *treillis* relacionando-se a um dos tipos indicados mais acima. A ponte-canal de Briare, dum comprimento total de 600 metros; a ponte de Cubzac, de 563 metros; a de Bordeaux, de 500 metros, foram construídas segundo este princípio. As



Fig. 18. — Viga Pratt com contra-tirantes em todos os quadros.

mais interessantes pelo seu vão são o viaduto de Tardes, de 250^m,55, suportada por dois altos pilares de alvenaria de

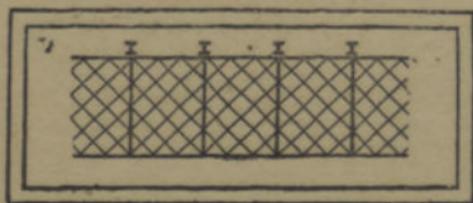


Fig. 19. — Viga de «treillis» composta, derivada do tipo Warren.

91^m,33 acima do nível do rio e comportando dois tramos de margem de 73 metros enquadrando um tramo central de 104^m,55. O viaduto dos Fades, sobre o Sioule, é ainda mais audacioso. Termina-

do em 1909, mede 430 metros de comprimento e comporta um tramo de aproximação de 53^m,50 e uma viga contínua de 376 metros de comprimento suportada por dois pilares

de alvenaria de $93^m,33$ de altura; o nível do carril está a $312^m,50$ acima do rio.

A ponte de Louisville, sôbre o Ohio, tem um desenvolvimento de 1607 metros com um tramo central

de 122 metros de abertura. Construída em 1870, comporta diversas vigas tipicamente americanas, como as do tipo Bollmann, por exemplo (fig. 20); o mesmo reparo se aplica

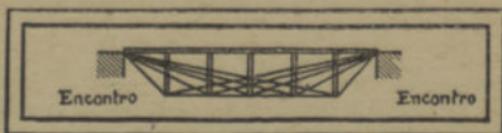


Fig. 20. — Viga armada composta americana tipo Bollmann (ponte de Louisville sôbre o Ohio).

à ponte de Cincinnati, cujo tramo principal tem $153^m,49$ de abertura.

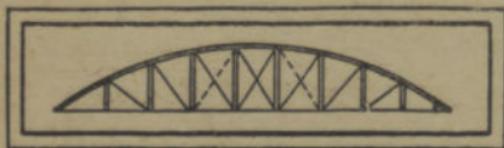


Fig. 21. — Viga Bowstring.

Para obter uma melhor utilização

do metal e realizar assim uma séria economia, empregam-se algumas vezes vigas rectas, nas quais um dos banzos afecta a forma duma linha curva ou duma linha quebrada.

É assim que na viga Bowstring, o banzo inferior é recto enquanto que o banzo superior é parabólico. A ponte sôbre o Danúbio, em Viena, foi assim construída.



Fig. 22. — Esquema da ponte de Moerdijk (Holanda) com viga Bowstring sectionada nas extremidades.

Oferecendo esta viga grandes inconvenientes no que diz respeito ao contraventamento, adopta-se algumas vezes um tipo de perfil misto no qual a altura da viga não se torna nula nas extremidades, conquanto o banzo superior seja parabólico. Os mais belos exemplares dêstes



OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

tipos de pontes foram construídos na Holanda: ponte de Kuilemburg, cuja abertura principal é de 150 metros, ponte de Mærdijk que comporta diversos tramos de 105 metros de vão (fig. 22). A obra mais importante é o viaduto sobre o Vístula, em Marienwerder, cujo desenvolvimento é de 1.058 metros em cinco tramos de vigas rectas de 80 metros de abertura e cinco tramos de vigas de perfil mixto (banzo superior semi-parabólico) tendo cada um 132 metros de vão.

A-pesar da presença de alguns tramos em arco, a fa-

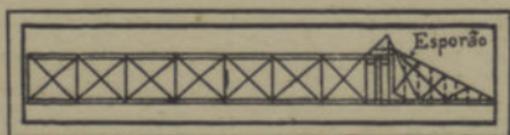


Fig. 23. — Viga com esporão de lançamento.

mosa ponte lançada sobre o golfo de Tay, na Escócia, pode ser considerada como o gigante das pontes de vigas rectas, pois que

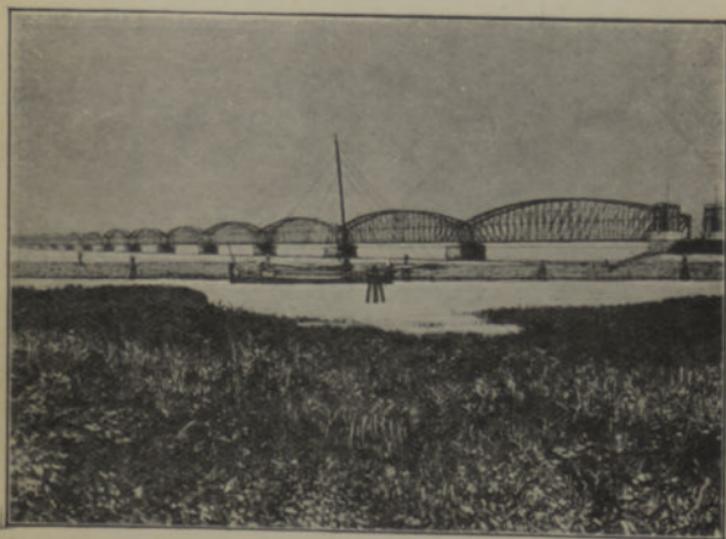
apresenta um desenvolvimento de 3.287 metros, que faz dela ainda hoje uma das duas ou três maiores pontes do mundo.

Para a montagem das pontes de viga recta, procede-se a maior parte das vezes com a ajuda de andaimes, mui frequentemente por lançamento. Neste último caso, a viga é montada previamente sobre uma plataforma situada na frente da ponte, munida dum esporão de lançamento e empurrada por macacos sobre o vão. O esporão vem primeiramente assentar sobre o pilar ou o encontro para sustentar a viga e evitar assim um possível desequilíbrio da mesma. Em certos casos, têm-se montado as vigas em sacada partindo ao mesmo tempo dos dois encontros da obra; estes dois troços reúnem-se ao meio. Este processo, empregado na construção dos viadutos de Tardes e de Fades, é muito audacioso, e, se tudo se passou bem no viaduto de Fades, houve, pelo contrário, a deplorar uma catastrophe no decurso da montagem do de Tardes.

Nas obras metálicas, é necessário ter em conta a dilata-



A PONTE ADOLFO NO LUXEMBURGO
(construída em a'venaria)



A PONTE DO MGERDIJK
A viga Bowstring está seccionada nas extremidades



PONTE DO FORTH

Sistema cantilever com tramos rectos de ligação



PONTE DE QUÉBEC EM CONSTRUÇÃO

Tipo cantilever com tramo central

ção e a contracção dos ferros devidas às variações de temperatura. Para as vigas rectas o dispositivo mais empregado é representado por uma espécie de *chariot*, deslocando-se sobre roletes que se interpõe entre a extremidade da viga e o seu apoio sobre o encontro ou pilar (fig. 24).

PONTES CANTILEVER. ❖ ❖ Um certo número de pontes de vigas são conhecidas pelo nome de pontes *cantilever*; nelas se encontram diferentes tipos que nós conhecemos.

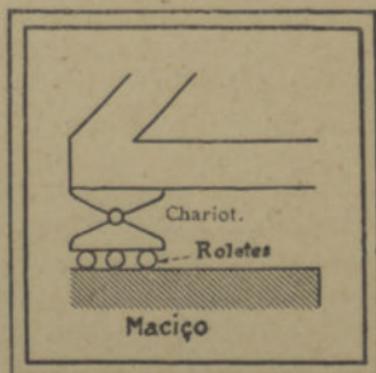


Fig. 24. — *Aparelho de dilatação.*

Uma ponte cantilever comporta em princípio duas vigas construídas em sacada, duma parte e outra dos pilares, de maneira que a sua *consola de margem*, chamada também *braço de ancoragem*, equilibra o braço que se estende por cima do curso de água. Algumas vezes as duas consolas centrais juntam-se e são fixadas directamente uma à outra por uma articulação (rótula, quadro de dilatação), dispositivo que pode dar à obra o aspecto duma ponte em arco, sobretudo se os banzos inferiores das vigas são curvos (ponte do Metropolitano em Passy). A maior parte das vezes, intercala-se entre as duas vigas um tramo central formado duma viga recta dum tipo qualquer, como indica o nosso *croquis*.

Na ponte cantilever, toda a carga é transmitida aos pilares, servindo os encontros somente para ancorar as consolas de margem, impedindo que as extremidades destas se levantem sob o esforço das cargas que actuem no meio da ponte. Este sistema presta-se admiravelmente à construção de obras de vão muito grande, por causa da faculdade que é dada ao engenheiro de a montar em sacadas, sem andaimes.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Principia-se a construção de cada viga pelo quadro em direcção aos pilares e continua-se o trabalho de cada lado de maneira a manter constantemente o equilibrio das partes em saliência. Quanto ao tramo central, quando existe um, efectua-se a maior parte das vezes a montagem em sacada partindo das extremidades das consolas para se reunir no meio da viga (ponte de Forth). Pode-se igualmente montar a viga central sôbre a margem, conduzi-la sôbre batelões por debaixo do local que ela deve ocupar e levantá-la por meio de macacos até ao nível das extremidades das consolas em sacada do cantilever, às quais ela será em seguida fixada (ponte de Québec). É pois ao tipo cantilever que pertencem duas das mais formidáveis obras metálicas devidas ao génio construtor do homem. A de Forth, edificada de 1883 a 1890 pelo engenheiro Benjamim Baker, causou uma verdadeira revolução no mundo dos trabalhos públicos. Este formidável viaduto comporta duas vias de caminho de ferro por cima dum braço de mar, o Firth of Forth, próximo de Edimburgo, na Escócia. O seu desenvolvimento total é de 2.530 metros; os seus dois tramos principais têm cada um déles 521^m,50 de vão, e a altura do tabuleiro acima do nível de água é de 45^m,75. A ponte foi calculada para que os combóios possam nela circular com a velocidade de 100 quilómetros à hora; foi preciso tomar igualmente em consideração os esforços consideráveis que o vento exerce sôbre a construção exposta a tôdas as tempestades do mar.

Os banzos interiores e todos os elementos que trabalham à compressão são constituídos por tubos em chapa de aço de 2^m,50 a 3^m,70 de diâmetro. Os banzos superiores e os elementos que trabalham à tracção são feitos de barras em *treillis*. O esqueleto de aço da ponte pesa 54.000 toneladas.

Durante muito tempo a ponte de Forth deteve o *record* da maior abertura; desde 1899, no entretanto, tinham principiado os trabalhos duma ponte mais importante ainda, em Québec, sôbre o S. Lourenço. Sômente foi terminada

em 1917 ; os trabalhos foram retardados por duas catástrofes sobrevindas no decurso da montagem (30 de agosto de 1907 e 11 de setembro de 1916).

O comprimento total da ponte de Québec é somente de $987^m,28$, mas a abertura do seu único tramo é de $548^m,60$, seja $27^m,10$ maior que a de Firth. Por outro lado, sendo o seu tabuleiro muito mais largo ($26^m,82$), o pêso do esqueleto metálico atinge 66.000 toneladas. A altura do tabuleiro acima do rio é a mesma que a de Forth.

O tramo central é formado por duas consolas em cantilever de $176^m,80$ de comprimento cada uma e duma viga

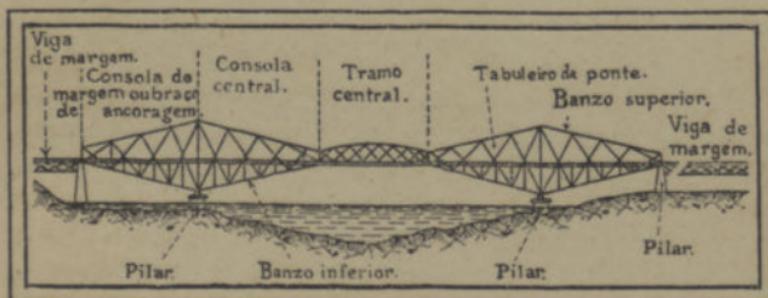


Fig. 25. — Esquema duma ponte cantilever (ponte de Québec).

central de 195 metros de vão, que as reúne. O comprimento dos tramos de margem é de $156^m,87$. As vigas principais têm $94^m,48$ de altura na direcção dos pilares ; os banzos inferiores são formados de quatro vigas em I, paralelas. As peças que compõem as vigas de ancoragem são de aço ao carbono ; as das consolas em sacada e as da viga central, em aço ao níquel. A ponte suporta duas vias de caminho de ferro e passadiços para piões.

Ao lado destes dois gigantes, todas as outras pontes do tipo cantilever parecerão de pouco interesse. É, no entanto, conveniente mencionar-se a ponte Doumer, sobre o rio Vermelho, em Hanoi, cujo desenvolvimento muito respeitável de 1.680 metros se decompõe em dezanove tramos de que os oito principais têm $106^m,20$. Nesta obra, os

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

banzos superiores apresentam uma forma poligonal. Citemos ainda a ponte de Blackwell, sôbre o East River, em Nova-York, dum comprimento total de 1.135 metros, que comporta um tramo de 360,^m51 e um outro de 300^m,12. O tabuleiro desta ponte é de dois andares ; apresenta a particularidade das consolas em sacada se juntarem directamente ao centro dos vãos, sem interposição de viga central, como nas pontes do Forth e de Québec. Finalmente não esqueçamos que possuímos em Paris dois tipos de pontes cantilever : a de Tolbiac e a de duplo tabuleiro do Metropolitano em Passy.

PONTES EM ARCO. ❖ ❖ Passemos agora ao estudo das *pontes em arco*.

As primeiras pontes metálicas foram pontes em arco, em ferro fundido, directamente derivadas das pontes de arcos de alvenaria (Ponte das Artes, 1803). Na seqüência, substituíram-se os arcos em ferro fundido por vigas curvas de aço constituídas ao princípio por vigas em I de alma cheia, para chegar progressivamente ao *treillis* por uma evolução semelhante às das pontes de vigas.

A maior parte das pontes em arco modernas são articuladas ; teem duas articulações nas nascenças, ou três articulações, das quais duas nas nascenças e uma outra no fecho.

Apresentam formas extremamente variadas. Na maior parte dos casos, a convexidade do arco é voltada para cima : o tabuleiro pode então ser estabelecido em cima do arco, sôbre o qual êle repousa por peças que trabalham à compressão, ou suspenso ao arco. Existe também no estrangeiro, particularmente na Alemanha, um certo número de pontes nas quais a concavidade do arco é voltada para cima. A êste tipo pertencem a ponte de Pittsburgo, nos Estados-Unidos, dum vão de 244 metros, construída em 1877, e cuja forma a faz tomar por vezes por ponte suspensa. Uma curiosa ponte em arco é a de Hamburgo, que comporta três tramos principais de 96^m,36 de vão, formados de dois arcos

sobrepostos, dos quais um é invertido, formando o tabuleiro a corda comum aos dois arcos.

Entre os mais belos exemplos das pontes em arco de duas articulações, falta-nos citar a ponte sôbre o Douro, em Portugal, construída em 1878; o arco, de 160 metros de abertura entre as bases, suporta, em cima, o tabuleiro principal; mas tem igualmente suspenso um passadiço para piões. O viaduto do Zambeze, dum comprimento total de $198^m,25$, cujo arco, de $152^m,50$ de vão e de $27^m,45$ de flecha, suporta o tabuleiro a 117 metros acima do nível do rio. A obra é completada por dois tramos de acesso constituídos por vigas rectas de *treillis*.

Mas convém reservar o lugar de honra ao viaduto

Garabit, sôbre as gargantas de Truyère, construído de 1880 a 1884 por M. Eiffel. Esta obra, notável pela sua elegância, e que por muito tempo reteve o *record* do vão das pontes em arco, tem um comprimento total de $488^m,30$, que se decompõe em cinco tramos de acesso a vigas rectas em *treillis*, e um arco central em forma de crescente com uma abertura de 165 metros de eixo a eixo das bases; o tabuleiro, situado por cima do arco, domina de $122^m,50$ as águas da Truyère (fig. 26).

A ponte Alexandre III merece, entre as pontes em arco de três articulações, uma menção especial. É logo de comêço o arco mais abatido que se conhece, pois que para um vão de 109 metros, a flecha é de $6^m,28$ sômente. Em seguida a ponte é constituída por quinze vigas juxtapostas em aço moldado, imitando assim as antigas pontes de ferro fundido.

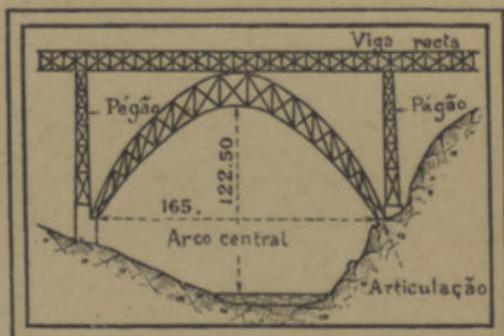


Fig. 26. — Esquema do viaduto de Garabit.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Além d'êste caso particular, as obras mais notáveis nas quais se empregou o arco de três articulações são : a ponte de Song-Ma, sôbre a linha do Hanoi a Vinh (Anam) ; comporta um arco de $162^m,40$ de abertura e 25 metros de flecha, cuja convexidade é voltada para o alto e ao qual o tabuleiro é suspenso por tirantes (fig. 27) ; a nova ponte de Roche-Bernard, com uma abertura de arco de $198^m,27$; o

tabuleiro é igualmente suspenso ao arco a uma altura de 33 metros acima do nível das águas.



Fig. 27. — Esquema da ponte sôbre o Song-Ma.

O maior arco do mundo d'êste género de obras é o de Hill Gate (Porta do Inferno), sôbre o Est River, em Nova-York, terminado em 1915. Esta ponte faz parte dum imenso viaduto do

comprimento de 4.830 metros, que é, por conseqüência, a obra mais importante d'êste género que existe. O vão do arco é de 310 metros entre encontros e a sua altura ao fecho de 93 metros ; os banzos inferiores são articulados nas nascenças, e introduziu-se no quadro do fecho uma junta de dilatação, que desempenha o papel de terceira articulação. A altura das vigas no fecho é de $12^m,50$; os banzos inferiores medem $2^m,30$ de altura e $3^m,20$ nas bases.

O tabuleiro é suspenso ao arco ; foi calculado para dar passagem, sôbre quatro vias, a quatro combóios de mercadorias dos mais pesados que existem. Empregou-se, na sua construção, o aço ao carbone, e a sua montagem teve lugar em sacada partindo dos dois encontros e equilibrando as partes em falso por meio de contrapesos temporários e de tirantes.

OBRAS MIXTAS. ❖ ❖ As pontes que acabamos de estudar pertencem a grupos bem determinados ; há outros que se inspiram em diversos sistemas e que se não podem agrupar numa *categoria especial*. O viaduto de Vaur, por exemplo, uma das obras mais importantes construídas na Europa, pertence simultaneamente ao tipo cantilever e ao tipo de ponte de arco. Comporta com efeito (fig. 28) duas grandes vigas em forma de cavaletes duplos, cujas consolas de margem e as consolas centrais se equilibram pouco mais ou menos ; estas vigas são articuladas nas nascenças sôbre os pilares e reunidas no centro por uma terceira articulação.

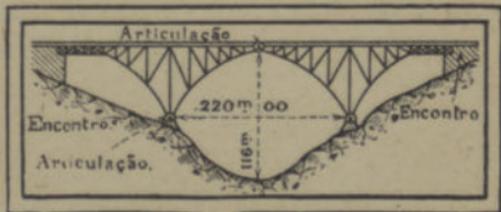


Fig. 28. — Esquema do viaduto de Vaur.

Emquanto que a ponte não é submetida senão à carga permanente, quer dizer, enquanto nenhum veículo atravessa,

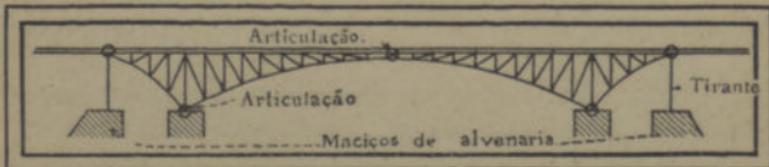


Fig. 29. — Esquema da ponte Mirabeau em Paris.

a articulação central não funciona, a obra então comporta-se como uma ponte cantilever ; na passagem das cargas rolantes, pelo contrário, a articulação central entra em jôgo, e a ponte funciona como um arco de três articulações. Esta obra, construída de 1898 a 1902, tem um comprimento total, entre encontros, de 410 metros ; o tramo central tem 220 metros de abertura com uma flecha de $53^m,73$. Cada um dos semi-arcos que a constituem é equilibrado atrás por um outro semi-arco formando culatra de $69^m,70$

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

de vão. A extremidade de cada culatra é reunida aos encontros de alvenaria por uma viga recta de grandes malhas de 25^m,40. Os tramos laterais teem pois uma abertura de 95 metros. O tabuleiro está a 116 metros acima do fundo da ravina.

A ponte Mirabeau, em Paris, é uma obra do mesmo género, mas faltou espaço para que as consolas de margem possam equilibrar as consolas centrais. Foi preciso pois ancorar as primeiras a maciços de alvenaria por meio de tirantes (fig. 29).

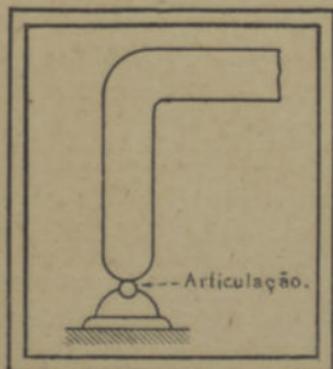


Fig. 30. — Espeque (Rótula-Bé-queue).

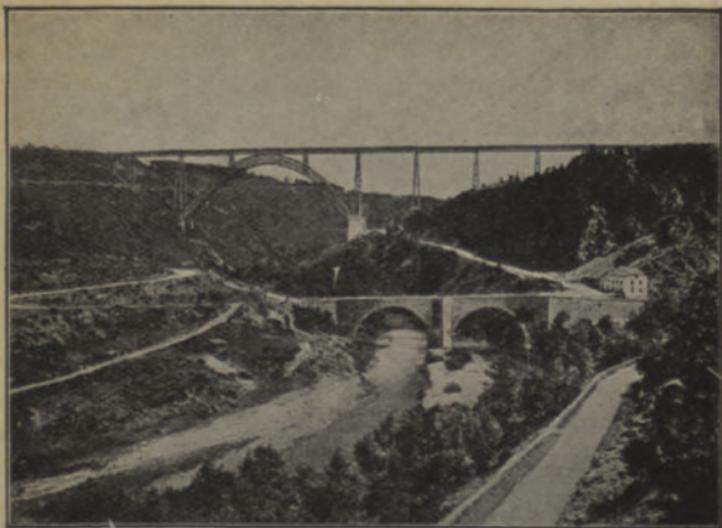
Digamos uma palavra, de passagem, das pontes de espeques. O espeque é, em suma, uma forma particular do arco (fig. 30) que permite resolver problemas difíceis, mas que nunca foi empregado em obras de grande importância. A ponte do Metropolitano, sobre o cais de Grenelle, com um vão de 55^m,28, é uma ponte de espeques.

PONTES SUSPENSAS. ❖ ❖ Vamos abordar agora o estudo das *pontes de vigas principais flexíveis*.

Os elementos essenciais destas vigas, dissemos nós no princípio dêste capítulo, são compostos de cadeias ou de cabos capazes de resistir a outros esforços diferentes dos esforços de tensão. As pontes estabelecidas segundo êste princípio chamam-se vulgarmente *pontes pênsis*.

As primeiras pontes pênsis parecem ter sido construídas em Inglaterra e na América. Na França, a primeira obra dêste género foi estabelecida nos primeiros anos do século XIX em Tournon, sobre o Ródano, pelo célebre engenheiro Marc Séguin, inventor da caldeira tubular; serve ainda hoje como passadiço para peões.

A ponte pênsil é, em princípio, uma obra muito sim-



VIADUTO DE GARABIT
Tipo de ponte metálica em arco.

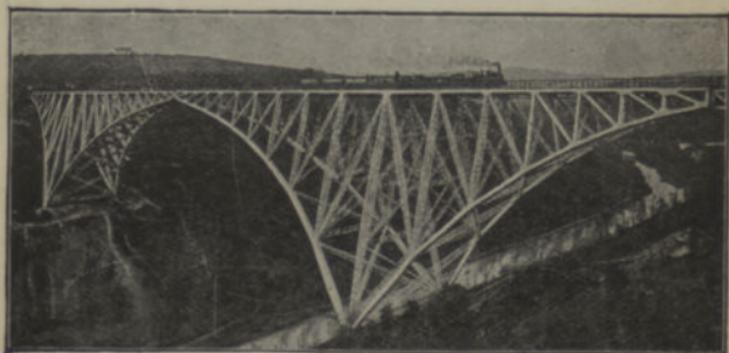


PONTE ALEXANDRE III
Tipo de ponte metálica de arco de volta muito abatida



HILL-GATE (NOVA-YORK)

Arco metálico sobreerguido



VIADUTO DO VIAUR

Tipo mixto de ponte cantilever e de arco



PONTE DE PESTH NO DANÚBIO

Tipo de ponte pênsil.

ples : sôbre cada margem elevam-se dois pilares de pedra sôbre os quais se faz passar um ou diversos cabos tendo a resistência requerida. Estes cabos são amarrados sôbre as margens em maciços de alvenaria. Formam, acima do rio, uma curva parabólica. Os tirantes, fixados sôbre estes cabos por atilhos, constituem com êles as vigas da ponte. Aos dois tirantes colocados em face fixam-se as vigotas sobre as quais se estende a cobertura ou estrado ; um sólido parapeito ligando as vigotas entre si, perto dos tirantes de suspensão, dá rigidez ao tabuleiro (fig. 31).

Vê-se, por esta simples exposição, como a montagem duma ponte pênsil é fácil ; a única operação um pouco delicada é a co-

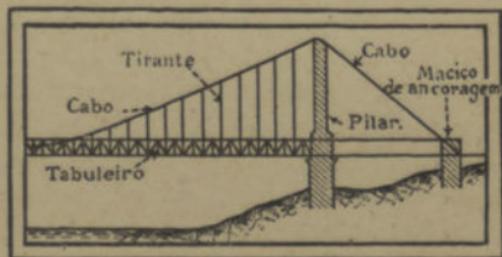


Fig. 31. — Esquema duma ponte pênsil.

locação dos cabos. Postos estes no lugar, a confecção do tabuleiro faz-se aos bocados, partindo das duas margens, de maneira a equilibrar os pêsos sustentados pelos cabos, sem que tenha de se recorrer a andaimes. Demais, a conservação dêste género de ponte é extremamente fácil e o preço do custo pouco elevado. Estas diversas considerações fizeram que, desde a sua aparição, a ponte pênsil tenha conhecido o maior sucesso ; estabeleceu-se um grande número delas em França e nò estrangeiro, onde servem sobretudo de pontes de passagem.

No entretanto, conquanto nos Estados-Unidos a ponte pênsil tenha sido adoptada com quási exclusão de qualquer outro tipo para as obras de grandes vãos, atingindo por vezes dimensões fenomenais, os engenheiros europeus, em defensiva contra ela pelos defeitos que apresentavam os modelos primitivos e por algumas catástrofes,

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

recusam-se ainda a fazer aplicação dêste tipo a obras de certa importância.

Nas primeiras pontes pênsis, com efeito, a grande flexibilidade do tabuleiro, transmitindo as vibrações aos cabos à passagem das cargas móveis, dava a estes cabos suplementos de tensão susceptíveis de produzir a ruptura. Foi o que aconteceu na grande catástrofe provocada pelo aluimento da ponte suspensa sôbre o Maine em Angers à passagem dum grupo de tropas marchando a passo. Demais, em virtude da sua grande leveza, o tabuleiro não oferecia nenhuma resistência ao vento e particularmente aos impulsos actuando de baixo para cima. A ponte de Roche-Bernard foi destruída diversas vezes por furacões e, em 1897, a ponte de Donzère, sôbre o Rhône, foi literalmente voltada.

A maior parte dêstes defeitos desapareceram nas grandes obras executadas na América, nas quais o pêso do tabuleiro não tem grande coisa a temer do vento; a sua rigidez e a sua resistência são além disso asseguradas por parapeitos feitos de vigas rígidas. Além disso, a confecção dos cabos é feita com o maior cuidado; são formados em geral de fios de aço muito numerosos torcidos em hélice e perfeitamente garantidos contra a ferrugem. Cada viga é composta de diversos cabos, o que permite reparar ou substituir um dêles sem demolir a ponte. É preciso considerar por último que a construção das pontes pênsis é notavelmente mais económica que a das pontes de vigas ou de arcos, graças à facilidade de montagem e aos pesos reduzidos da armadura metálica. Produz-se sempre, tanto para as pontes metálicas como para as pontes de pedra, um momento em que o limite do vão é atingido porque as cargas permanentes se tornam tais que a ponte não pode mais suportá-las. Assim parece que o assunto foi arrumado e que a ponte suspensa deve ser adoptada para tôdas as obras duma importância excepcional.

A ponte de Friburgo, na Suíça, construída em 1834, atingia já um vão de 246^m,26, e, em França, a de Roche-Bernard, estabelecida em 1836, tinha uma abertura de 98^m,27. De 1827 a 1839, construiu-se sôbre a Dordogne,

em Cubzac, uma obra dum comprimento total de 545 metros em cinco tramos suspensos de 109 metros cada um ; esta ponte foi demolida em 1883 e substituída por uma outra de vigas rectas. Em 1849 teve lugar a conclusão da ponte de Pest, na Hungria, dum vão de 203^m,13, e em 1862 a de Clifton na Inglaterra, com 214^m,18 de abertura. Mencionemos ainda a ponte muito linda de Sidi M'Cid, sôbre o Rummel, em Constantina, cujo vão é de 164^m,30 ; o tabuleiro domina a torrente de 176 metros, o que parece constituir o *record* do mundo no que diz respeito a altura de pontes.

Desde 1855 que os Estados Unidos tomaram nitidamente a dianteira com a construção duma ponte de caminhos de ferro suspensa sôbre o

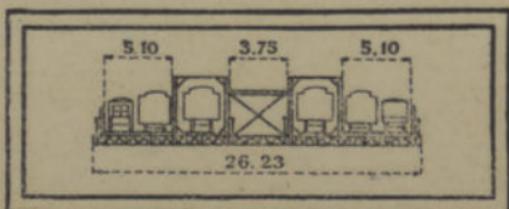


Fig. 32. — *Ponte de Brooklyn.*

Niagara, a jusante das quedas, que media 250^m,51 de abertura ; seguiram logo a ponte de Niagara Falls com 386^m,84 de vão ; a ponte de Cincinnati, sôbre o Ohio, com comprimento de 322^m,38 e finalmente, a 24 de maio de 1883, teve lugar a inauguração da famosa ponte de Brooklyn, em Nova-York (fig. 32). Esta obra causou a admiração do mundo inteiro e ficou durante vinte anos a rainha das pontes suspensas. Foi destinada a ligar Nova-York ao seu *fau-bourg* de Brooklyn na ilha de Long Island, visto os *ferry-boats* se terem tornado insuficientes para assegurar o tráfico através o East River. O seu comprimento total é de 1.826 metros, nêles compreendidos os trabalhos de acesso, e o seu vão central de 486^m,30. O seu tabuleiro, da largura de 26^m,23, contém 4 vias férreas, duas passagens para um veículo cada uma e no centro um passeio sobreerguido para peões. É sustentada por quatro cabos de 0^m,393 de diâmetro.

A ocupação das margens do East River e do Hudson

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

pela cidade de Nova-York tornou necessária a construção duma série de pontes às quais foi preciso dar uma grande altura para não prejudicar o movimento do pôrto. Tendo-se a 1ª ponte de Brooklyn comportado muito bem, o princípio das pontes suspensas foi adoptado para tôdas as outras

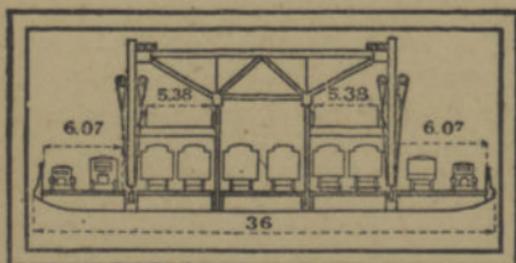


Fig. 33. — Ponte de Williamsburgh.

ponte de Williamsburgh, com uma abertura central de 486^m,40 (fig. 33); o tabuleiro desta obra, com a largura de 36 metros, dá passagem, na sua parte mediana, entre os

órgãos de suspensão das peças da ponte, a seis vias férreas e contém em sacada, duma parte e da outra, duas calçadas de 6^m,07 de largura, sôbre cada uma das quais podem passar dois veículos de frente. É munida dum con-

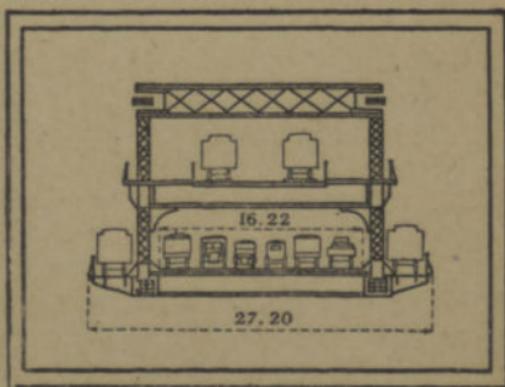


Fig. 34. — Ponte de Queensborough.

traventamento superior no qual são instalados dois passeios para peões. Os quatro cabos que a suportam tem 0^m,468 de diâmetro, e o comprimento total da obra é de 2.196 metros.

A 30 de março de 1909 foi inaugurada a ponte de Queensborough (fig. 34), cujo tabuleiro, de dois andares, tem a

largura de $27^m,20$; o andar inferior recebeu uma calçada de $16^m,22$ (seis veículos de frente) e, em saliência, duma parte e da outra, duas vias férreas; o andar superior contém ainda duas vias férreas e dois passeios para peões. O tabuleiro é munido dum contraventamento superior.

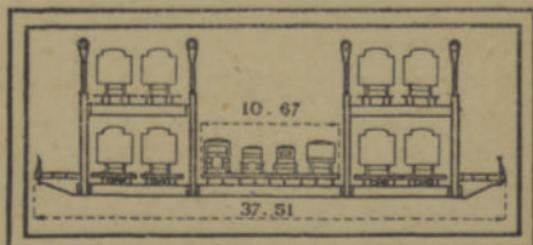


Fig. 35. — Ponte de Manhattan.

No mesmo ano, a 31 de dezembro, chegou a vez à

ponte de Manhattan, cuja abertura central é de $446^m,90$ (fig. 35). O seu tabuleiro, com dois andares, com a largura de $37^m,51$ não tem contraventamento superior. É sustentado por quatro cabos de $0^m,512$ de diâmetro. No andar inferior passam

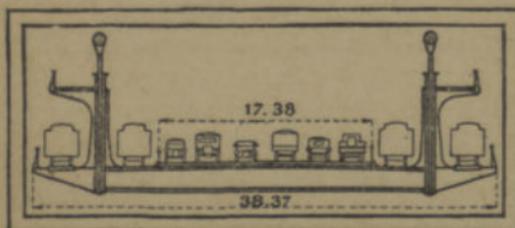


Fig. 36. — Ponte do rio Delaware.

quatro vias férreas e uma calçada de $10^m,67$ de largura (4 veículos); em saliência, existem ainda dois passeios para peões. Quatro ou-

tras vias férreas foram construídas no andar superior. O comprimento total da obra é de $2.090^m,77$.

Tôdas estas dimensões vão ser ultrapassadas pelas da ponte suspensa sobre o Dalaware, em Filadélfia, cuja construção foi principiada durante o ano de 1922 (fig. 36). O tabuleiro metálico terá $976^m,25$ de comprimento, dos quais $533^m,75$ para o tramo médio e $221^m,25$ para cada tramo de margem; é sustentado por dois cabos de $0^m,75$ de diâmetro e sem contraventamento superior. Com a largura de $38^m,37$, compreenderá, no meio, uma calçada para carros de $17^m,35$ de largura e, de cada lado, duas vias férreas dis-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

postas dum lado e doutro da suspensão das vigotas da ponte. Por cima destas vias serão instalados os passeios para os peões, em saliência como as duas vias férreas exteriores. A altura livre do tabuleiro acima do nível do rio, será de $41^m,50$ de altura. O comprimento total da obra, nela compreendendo os trabalhos de acesso, será de 2.928 metros.

O trono dêste novo soberano está já ameaçado! Os engenheiros americanos acabam de estabelecer os planos duma nova ponte sôbre o Hudson, em Nova-York, que deixará para trás de si tôdas as suas rivais. O comprimento do tabuleiro será, com efeito, de $2.031^m,30$, dos quais $988^m,20$ para o tramo central entre pilares e $521^m,55$ para cada tramo de margem. A sua largura será de $67^m,10$, e contará, no andar inferior, dez vias normais de caminho de ferro passando em verdadeiros túneis metálicos constituídos pelo contraventamento; no andar superior, no exterior da suspensão, em saliência por consequência, dois passeios para peões de $4^m,60$ de largura e duas linhas de *tramways*; entre a suspensão uma calçada de $47^m,20$ será reservada aos veículos.

Esta massa será suportada por quatro cabos dispostos por pares no mesmo plano vertical, à distância de centro a centro de $48^m,80$; cada um dêles será composto de oitenta cadeias dispostas em três camadas sobrepostas, sendo o todo contido num involucro de bronze; o diâmetro de cada cabo será de $3^m,20$. Julgamo-nos sonhando.

PONTES TRANSBORDADORAS. ❖ ❖ Temos ainda de falar de outras pontes metálicas, não porque sejam mais importantes que as precedentes, mas porque correspondem a necessidades especiais. Tais são as *pontes transbordadoras*, as *pontes giratórias*, as *pontes de báscula*, que merecem ser conhecidas. Utilizam-se geralmente nos grandes portos. Uma *ponte transbordadora* é, em princípio, uma ponte pênsil cujo tabuleiro é sustentado por dois pilares elevados a uma altura suficiente para dar passagem aos mastros dos maiores

navios. Sôbre êste tabuleiro, onde ninguém passa, corre um *chariot* automóvel ao qual se suspende, por cabos, uma plataforma da altura das margens de que necessitamos fazer a ligação. Os peões e os veículos tomam lugar sôbre a plataforma, e o *chariot* transporta-se duma margem à outra. A primeira ponte transbordadora francesa foi a de Ruão, construída em 1899; os dois pilares teem $66^m,50$ de altura e elevam o tabuleiro a 51 metros acima do nível do Sena. Em seguida construíram-se outras em Marselha, em Nantes, etc.

PONTES GIRANTES. ❖ ❖ As *pontes girantes* foram ao comêço estabelecidas em dois lanços assentando sôbre um pilar colocado no meio do canal e girando sôbre um *pivot* central. A êste tipo pertence a grande ponte girante de Dordrecht, na Holanda, na qual cada lanço tem um vão de $25^m,224$, e a ponte Burlington, em Kansas City (Estados Unidos), de que cada lanço tem um vão de $69^m,54$. A presença do pilar no meio do Canal não deixa de prejudicar a navegação; para evitar êste inconveniente, desvia-se o *pivot* para um dos lados do Canal e aumenta-se o comprimento dum dos tramos em detrimento do outro. A ponte girante das docas sêcas em Marselha, é assim construída; os seus dois lanços medem um $38^m,40$ e o outro $23^m,60$. Pode-se mesmo estabelecer o *pivot* numa das extremidades da ponte, sôbre o encontro, dispositivo que suprime o pilar do *pivot*. A ponte girante de Brest é de dois lanços rebatendo-se ao longo das margens; o seu vão total é de 117 metros.

A obra mais importante dêste género em todo o mundo parece ser a de Wilhelmshafen (Alemanha). É de dois lanços como a de Brest, e pertence ao tipo cantilever; o seu comprimento é de $238^m,50$; cada consola central tem $79^m,50$ de vão e as de margem $39^m,75$.

PONTES DE BÁSCULA. ❖ ❖ O sistema de ponte móvel mais prático é o de *ponte levadiça* ou *ponte de báscula*, que possui a vantagem de indicar ela mesma, de longe, a

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

interrupção da circulação terrestre e a liberdade da navegação. Existem em Rotterdam, em Bremerhaven, e na Inglaterra, notavelmente a ponte da Tôrre, em Londres. No entretanto os encubamentos destinados a receber as culatras que formam os contrapesos são duma construção dispendiosa e por vezes difficil. Para as suprimir foi inventada a *ponte rolante de báscula*, que parece destinada a bater todos os outros tipos de pontes móveis. Deve-se às investigações do engenheiro francês Couvelier e às mais recentes, do engenheiro americano William Scherzer.

Comporta, em princípio, uma viga basculante contendo

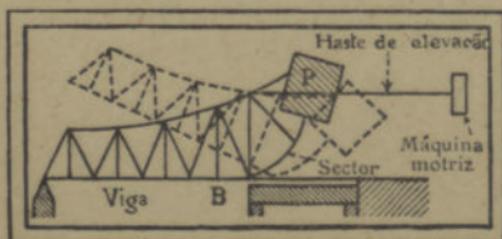


Fig. 37. — Esquema da ponte girante de báscula.

na retaguarda um grande sector circular que rola, durante a manobra da ponte, em vigas de alma cheia repousando sôbre o encontro.  equilibrada por meio dum forte contrapêso P (fig.

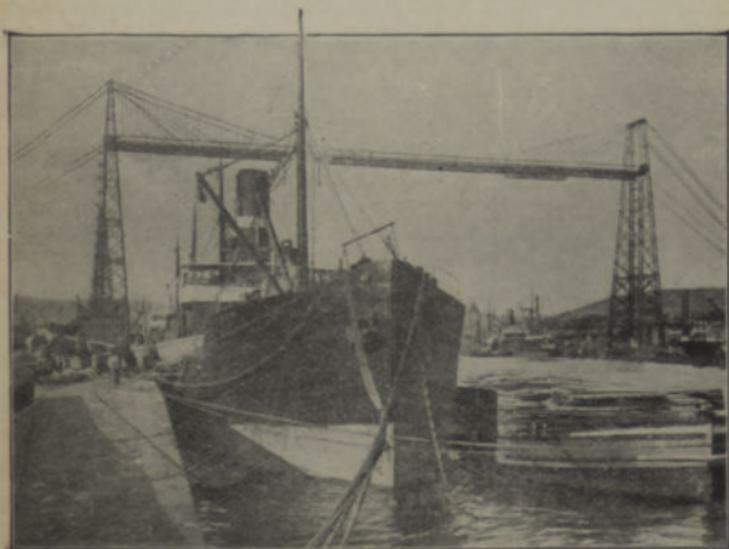
37); o caminho de rolamento  formado por uma cremalheira colocada sôbre o banzo superior da viga B.

Entre as pontes mais interessantes dêste tipo devemos citar as duas pontes para estradas e para via férrea de Salzate (Bélgica); a ponte Keadly, sôbre o Great Central Railway, na Inglaterra; a ponte sôbre o canal de Knottingley em Goole, nos Estados Unidos, dum vo de 33 metros, e a ponte de caminho de ferro de duas vias sôbre o Thames River, que compreende quatro tramos de vigas rectas, das quais duas de 100^m,65 e duas de 61 metros de vo enquadando uma viga de báscula de 58 metros de comprimento. Em França, a ponte de báscula da Seyne (Toulon), terminada em 1917, tem um vo de 42 metros.

A obra mais importante dêste género foi construída sôbre um canal em Sault-Sainte-Marie (Michigan); o seu



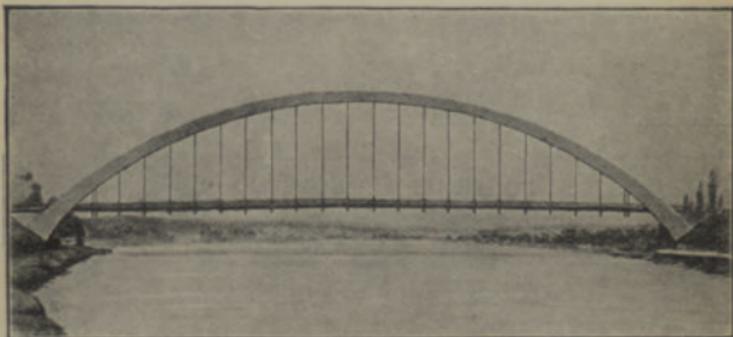
PONTE DE BÁSCULA (Chicago)



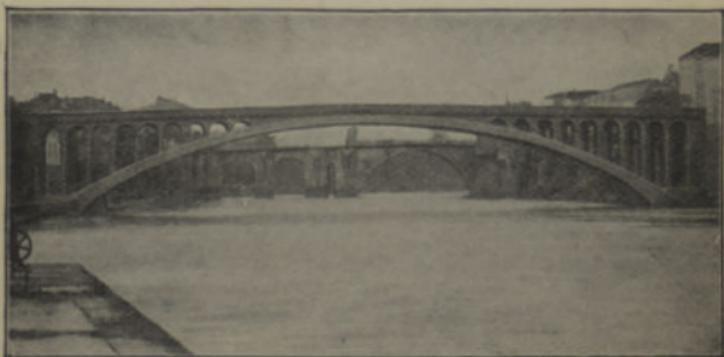
PONTE TRANSBORDADORA DE ROUEN



PONTE DE SAINT-PIERRE-DU-VAUVRAY
Arco depois do descimbramento.



PONTE DE SAINT-PIERRE-DU-VAUVRAY
Tipo de ponte em arco de cimento armado.



PONTE DE VILLENEUVE-SUR-LOT
Tipo de ponte em arco de cimento não armado.

vão é de 108^m,58 e apresenta esta particularidade que, quando a ponte está fechada, as duas vigas se encaixam uma sôbre a outra.

PONTES EM BETÃO DE CIMENTO ARMADO. ❖❖

Falta-nos falar das *pontes em betão armado*, que tendem de cada vez mais a tomar um lugar importante. Apresentam grandes vantagens sôbre as de pedra no ponto de vista do pêso, da elasticidade e de economia e mesmo sôbre as de aço, se se admitir que elas as possam ultrapassar em duração.

Francisco Cignet foi o primeiro engenheiro que utilizou o betão armado na execução de diversas obras, principalmente na construção dum aqueduto de derivação das águas do Vanne. A primeira ponte em cimento armado foi construída em 1875 na propriedade do marquês de Tilière; tinha 16^m,50 de abertura. O novo processo foi bem acolhido no estrangeiro, principalmente na Alemanha, em que se expandiu de-pressa sob o nome de « Monierbau ». Mas foi em seguida aos sistemas Coignet e sobretudo de Francisco Hennebique, que se construíram a maior parte das obras importantes, tanto em França como no estrangeiro. Nos Estados Unidos, a primeira aplicação do betão armado nas pontes em arco remonta a trinta anos.

Até hoje, as construções em betão armado tem sido evitadas de timidez, e não se tem previsto para *vigas rectas* vãos superiores a 25 ou 30 metros. É preciso notar que estes tipos de vigas em cimento armado são geralmente similares às que temos estudado para as vigas metálicas.

As obras mais importantes em cimento armado são, actualmente, a ponte sôbre o caminho do P.-L.-M. em Miramas, dum comprimento total de 50 metros, decomposta em três tramos, tendo o do centro 21 metros de abertura; a ponte sôbre o Oppa, em Troppau (Silésia), de viga contínua de 51^m,50 em três tramos; a ponte sôbre a ribeira Suir, em Waterford (Irlanda), construída segundo o sistema Hennebique, composta de tramos de 14^m,13 de vão

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

e dum desenvolvimento total de 215 metros ; é cortada no meio por uma abertura de 25 metros com ponte levadiça dupla. O maior parece ser o viaduto da fabrica de gás de Copenhague, com um desenvolvimento de 560 metros. A ponte em X do Mans tem igualmente despertado as atenções bem mais pela originalidade da sua forma que pelas suas dimensões.

Finalmente a ponte-carril em betão mais importante de França é a que acabam de fazer construir as fábricas de aço da Marine, em Saint-Chamond. O seu comprimento total é de 123 metros, tendo o maior dos sete tramos $28^m,50$ de vão. É constituída por uma viga contínua assentando sôbre um pilar central por uma articulação em aço e sôbre encontros e os cinco outros pilares por duas rótulas : uma entre o pilar e a viga, a outra na parte inferior do pilar. Deu-se a êste sistema original o nome de « pilares pêndulas ». É a primeira solução racional que foi encontrada para ter em conta as variações de comprimento que são devidas à temperatura e á contracção do betão ao fazer a presa.

Entre as obras mais importante em arco (que se inspiram igualmente das pontes metálicas em arco), citemos o viaduto de Avranches, do comprimento de $86^m,30$, que comporta um arco de $33^m,60$ de vão ; a ponte sôbre o Vienne, em Châtellerault, dum comprimento total de 135 metros, com um tramo central de 50 metros e dois tramos de margem de 40 metros ; a ponte de Heringen, dum vão de 53 metros, na qual o tabuleiro é suspenso ao arco por hastes de ferro ; a ponte de Johannesville (Ohio), curiosa pela sua forma em Y ; a ponte sôbre o Vésubie, em Saint-Jean-la-Rivière, com um comprimento de $65^m,70$ e uma abertura livre de $45^m,50$; a ponte de Pyrimont, sôbre o Ródano, com um comprimento de $186^m,70$, altura de $22^m,50$, comportando três arcos de $51^m,50$ de vão e $7^m,60$ de flecha ; a ponte de Veudre, sôbre o Allier, perto de Vichy, cuja abertura é de 73 metros com uma flecha excepcionalmente baixa de 5 metros ; a ponte de Walnut Lane, em Filadélfia, cujo arco principal tem $69^m,90$ de

abertura ; o viaduto de Grundertobel, na Suíça, de 172 metros de comprimento, cujo arco principal tem 79 metros de abertura e o tabuleiro suportado pelo arco por intermédio de colunetas ; a ponte de Pasadena, na Califórnia, estabelecida em curva, dum desenvolvimento de $447^m,75$ sôbre nove arcos de dois anéis, tendo um destes arcos 68 metros de vão.

Em 1921, os *records* de vãos para arcos em betão armado foram obtidos pela França para a ponte de Balme, cujo arco muito abatido tem 95 metros de abertura e 9 metros de flecha ; na Suíça, para o viaduto de Langwies, com uma abertura de $95^m,50$; na Europa para a ponte de Risorgimento, sôbre o Tibre, em Roma, com arcos de 100 metros de vão e 10 metros de flecha, notável pela sua aparência harmoniosa e a grande largura do seu tabuleiro. Finalmente o *record* do mundo pertenceu aos Estados Unidos, com a ponte sôbre o Mississípi em Minnéapolis ; esta obra, dum comprimento total de $314^m,90$, comporta um arco central de $121^m,90$ de vão e dois arcos de margem de $60^m,65$.

Depois, êste *record* reentrou novamente na posse da França com a ponte-estrada de Saint-Pierre-du-Vauvray, perto de Rouen, construída por M. Limousin. É uma ponte em arco de $131^m,80$ de abertura. É constituída por dois arcos parabólicos cavados de secção rectangular, aos quais o tabuleiro é suspenso por quarenta tirantes de aço.

Empreendeu-se igualmente em França, em 1914, a construção duma ponte em betão armado para a via férrea de 1 metro de Balbigny a Régný (Loire), que comportava um arco de 170 metros de vão e $29^m,65$ de flecha e viaduto de acesso igualmente de betão armado. A guerra interrompeu os trabalhos, que não foram ainda retomados em virtude do falecimento do empreiteiro.

UMA PONTE EM BETÃO DE CIMENTO NÃO ARMADO. ❖ ❖ O mesmo construtor, M. Limousin, acaba igualmente, sôbre os planos do seu engenheiro M. E. Freys-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

sinet, de estabelecer o *record* da construção das pontes em cimento *não* armado em Villeneuve-sur-Lot. A obra comporta dois arcos de margem de volta abatida sôbre os quais é construído o tabuleiro. O vão é de 98 metros na nascença dos arcos e a flecha de 14^m,45 medida na altura da estia-gem. Os arcos foram descintrados segundo um processo novo e muito original que consiste em os elevar por meio de macacos acima do cimbres em lugar de abaixar êste como no método ordinário.

CAPÍTULO III

Os canais

Generalidades, definições. — O canal de Suez. — O canal de Panamá.
— O canal de Kiel. — O canal de Marselha ao Ródano.

GENERALIDADES. — DEFINIÇÕES. ✚ ✚ Quer seja reservado à navegação interior ou à navegação marítima, um canal é sempre uma via de água artificial mais ou menos importante estabelecida segundo princípios idênticos. Antes de falar dos grandes canais marítimos, vamos relem-

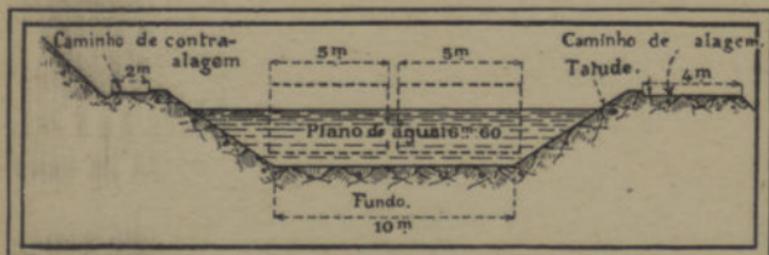


Fig. 38. — Um canal moderno. Corte transversal.

brar os elementos de construção dos canais interiores definindo as obras que os acompanham (fig. 38).

A largura do leito, na navegação interior, é geralmente de 10 metros. De cada lado elevam-se os *taludes*, cuja inclinação é variável segundo os terrenos; esta inclinação prolonga-se acima do *plano de água* até uma altura de 0^m,70 à qual são estabelecidas as plataformas que constituem os *caminhos de sirga*. A *fundura* ou *profundidade*, que é a altura entre o leito e o plano de água, é de 2^m,20 nos canais franceses, e o *calado de água*, altura entre o

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

plano de água e o fundo dos lanchões, é de $1^m,80$. Os taludes e o leito constituem a *bacia* do canal.

Os canais são alimentados por *reservatórios* estabelecidos a uma altitude tal que a água, conduzida pelos *regos de alimentação*, possa despejar-se no canal no seu ponto mais elevado. Como um canal consome tanto mais água quanto o seu tráfico é mais intenso e comporta um maior número de eclusas, é-se algumas vezes obrigado a utilizar instala-

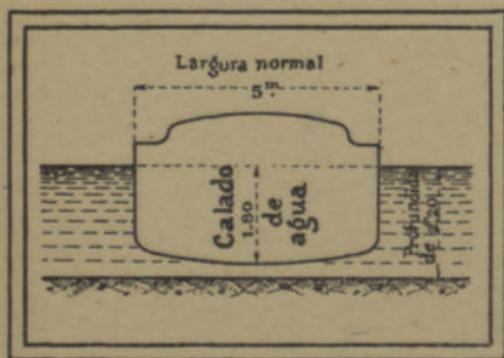


Fig. 39. — Posição dum lanchão de navegação.

ções hidráulicas, mecânicas ou eléctricas, para fazer a chamada de água nos próprios reservatórios ou no canal. Neste último caso, cada eclusa comporta então uma subestação eléctrica que absorve a água no patamar a juzante e a vaza

no patamar a montante (um *patamar* é a porção de canal compreendida entre duas eclusas sucessivas). Quando um canal pode ser todo estabelecido a uma mesma altitude, a despesa de água é insignificante em virtude de o plano de água ser invariável em todo o seu percurso. Mas, a maior parte das vezes, o canal encontra desníveis de terreno muito pronunciados; o seu perfil é então constituído por uma sucessão de patamares mais ou menos extensos nos quais o plano de água é mantido constante. O patamar mais elevado do canal (*patamar superior*) recebe a chegada de água de alimentação, que êle distribue aos dois patamares vizinhos à medida das suas necessidades. Os batelões passam dum patamar ao outro por meio de *eclusas*.

ECLUSAS. ✚ ✚ Uma eclusa comporta uma bacia chamada *caldeira*, fechada por duas portas, capaz de conter pelo menos um batelão (fig. 40) e é limitada à direita e à esquerda por dois muros paralelos denominados *cortinas*. O fundo da caldeira, sempre de alvenaria, está à mesma altura do fundo da bacia do patamar de jusante. As portas, de dois batentes, que fecham a caldeira, põem-na em comunicação, uma com o patamar de montante, a outra com o patamar de jusante. Os batentes deslocam-se girando sôbre um eixo vertical. Quando a porta está aberta, cada batente aloja-se numa cavidade praticada numa porção do muro da eclusa que forma a *câmara dos batentes* (fig. 40).

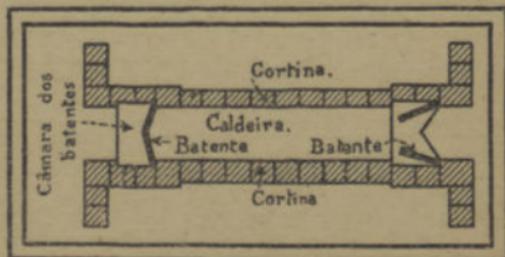


Fig. 40. — Vista em planta duma eclusa.

A queda da eclusa é representada pela diferença do plano de água entre os dois patamares e a fundura pela diferença de altura entre o nível de jusante e o fundo da eclusa. Normalmente a porta de montante de

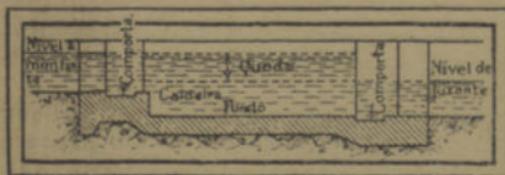


Fig. 41. — Corte duma eclusa.

uma eclusa está sempre fechada, enquanto que a porta de jusante está sempre aberta.

Quando um barco proveniente do patamar de jusante se apresenta para franquear a eclusa, penetra livremente na caldeira, e fecha-se a porta em seguida. Enche-se seguidamente a caldeira pondo-a em comunicação com o patamar superior, e, quando o nível da água atingiu a cota de re-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

tenção de montante, abrem-se os batentes da porta a montante para que o barco possa penetrar no patamar.

Se um barco quer passar do patamar de montante ao patamar de jusante, executam-se as manobras inversas. Principia-se por fechar a porta a jusante, depois enche-se de água a caldeira e abre-se a porta a montante. O barco passa à caldeira. Fecha-se em seguida a porta a montante e põe-se a caldeira em comunicação com o patamar de ju-

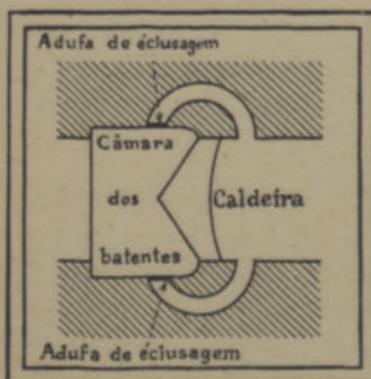


Fig. 42. — Aquedutos simples ligando a câmara dos batentes com a caldeira.

sante. Quando o nível da água contido na caldeira desceu ao mesmo plano que o do patamar de jusante, abre-se a porta, e o barco pode continuar a sua rota.

Para encher e esvaziar a caldeira são empregados diversos dispositivos. O mais simples consiste em portas móveis de exterior, praticadas na parte inferior dos batentes, e que são levantadas por meio dumã cremalheira: a água penetra ou sai da caldeira pela base.

Nas novas eclusas estabelecem-se, durante a construção das cortinas, aquedutos tendo origem no fundo da câmara dos batentes e desembocando no fundo da caldeira (fig. 42). Êstes aquedutos são fechados por meio de *adufas*, que se abrem para encher ou esvaziar a caldeira. Com êste sistema, como com o precedente, o enchimento da caldeira efectuando-se sempre de montante provoca violentos redemoínhos prejudiciais aos barcos. Foi necessário, para evitar êste inconveniente, estabelecer *aquedutos longitudinais* (fig. 43) que teem origem na câmara dos batentes na frente, se prolongam ao longo das cortinas e terminam no comêço do patamar de jusante. As adufas de montante servem para o enchimento e as de jusante para o esvaziamento. Os aque-

duto comunicam com a caldeira por orifícios praticados ao nível do fundo que se chamam *ladrões*. A água penetra assim na caldeira em todo o seu comprimento ao mesmo tempo.

Em cada enchimento da caldeira, consome-se um volume de água considerável. Com o fim de realizar alguma economia, constrói-se, ao lado das eclusas, *bacias economizadoras* (fig. 44) comunicando com a caldeira por um aqueduto provido duma adufa. Admitamos que se que

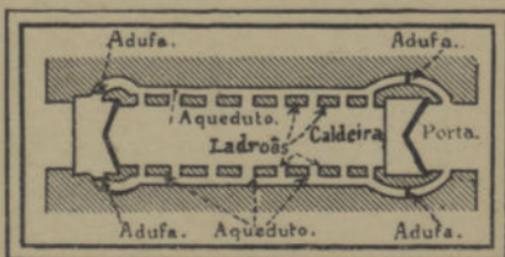


Fig. 43. — *Aquedutos longitudinais instalados nas cortinas.*

eclusar um barco descendente. Estando a caldeira cheia e a bacia vazia, abre-se a adufa do aqueduto e a caldeira



Fig. 44. — *Eclusa com bacia economizadora.*

esvazia-se de metade na bacia (se tem ambas a mesma superfície). Fecha-se em seguida a adufa e deixa-se a caldeira acabar de se esvaziar no patamar de jusante. A metade duma eclusada foi pois posta em reserva. Se se que de novo encher a caldeira para fazer passar um barco que sobe, abre-se a adufa do aqueduto depois da entrada do barco na eclusa, e a metade da água de reserva passa à caldeira. Desta vez a economia é de um quarto de eclusada.

Estas noções elementares que julgamos do nosso dever relembrar antes de principiar o estudo dos grandes canais marítimos permitir-nos-ão compreender facilmente os tra-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

balhos a que êsses canais deram origem e os melhoramentos introduzidos na sua instalação.

CANAL DE SUEZ. ❖ ❖ Ao partir para o Egipto, Bonaparte, recebeu ordem da Convenção para estudar o antigo canal dos Faraós, cavado entre o Nilo e o Mar Vermelho. Encarregou Lepère de reimplantar o traçado e de proceder a estudos de nivelamento entre os dois mares. Infelizmente Lepère, em seguida a operações muito apressadas, concluiu pela existência duma diferença de nível de 9^m,90 entre o Mediterrâneo e o Mar Vermelho. Êste êrro atrasou de 70 anos a perfuração do istmo.

Não tendo todos os sábios, entre outros Laplace, aceitado as conclusões de Lepère, novas operações de nivelamento foram decididas e iniciadas em 1847 por um grupo de engenheiros franceses e egípcios que reconheceram o êrro cometido e chamaram Fernando de Lesseps.

A história do perfuramento do canal de Suez pertence mais à política estrangeira que à arte do engenheiro. A Inglaterra criou-nos dificuldades inauditas, que foi preciso aplacar à fôrça de esforços numerosos. Não relembramos êste facto senão para fazer ressaltar a tenacidade, a vontade inquebrantável de realizar que animou Fernando de Lesseps durante tôda a execução dos trabalhos.

A missão de engenheiros desembarcou em Alexandria em novembro de 1855. Entregou-se imediatamente ao trabalho executando dezanove sondagens entre o mar Vermelho e o Mediterrâneo para reconhecer a natureza do terreno. Em seguida decidiu cavar em primeiro lugar um canal destinado a assegurar o aprovisionamento de água dôce aos trabalhadores. O antigo canal de Moisés retirando a água do Nilo em Zagazig e indo até Ras el-Uady, foi prolongado até Timsah, meio do istmo, e daí a Suez, seguindo aproximadamente o traçado do futuro canal marítimo. Uma segunda tomada de água sôbre o Nilo desagua em Abou-Ahmad. Estes canais, que ainda existem, têm 8 metros no leito, 17 metros de largura no plano de água e 2 metros de profundidade.

Os trabalhos de terraplanagem do canal marítimo foram enormemente facilitados pela natureza do solo, arenoso ou formado de aluviões dos dois mares que, retirando-se sob a acção dos seus próprios depósitos, reuniram a Ásia à África por êste istmo de 113 quilómetros de extensão, em linha recta.

O canal estende-se sobre 161 quilómetros, cêrca de 100 dos quais são abaixo do nível do mar sobre um comprimento de 14 quilómetros (fig. 45).

Os trabalhos principiaram no lago Timsah, nas duas



Fig. 45. — Planta geral do canal marítimo de Suez.

direcções; mas a secção do lado do mar Vermelho só foi continuada muitos anos mais tarde. Em seguida construiu-se a praia de Pôrto-Said para permitir aos navios provenientes da Europa desembarcarem o material. Um pontão sobre estacas, avançando de 450 metros sobre o mar, foi terminado em 1862 e prolongado em seguida por um dique enquanto que o molhe ocidental entrava em construção. Um pôrto novo nascia pois no limiar do Oriente (fig. 46).

O canal marítimo, ao princípio cavado com 8 metros de largura e 1^m,20 de profundidade somente, serviu ao transporte dos materiais e ao abastecimento dos diversos estaleiros. Um outro canal de 29 metros de largura e de 1^m,50 de profundidade foi em seguida traçado paralelamente ao primeiro, do lado do Oriente. Em seguida as trincheiras

rem à Ásia ou à Europa. Calcula-se que foram retirados, desde 1869, 70 milhões de metros cúbicos de terraplanagens. Aos 164 quilómetros de comprimento do princípio vieram juntar-se 4 quilómetros representando o aumento dos canais no Mediterrâneo e no mar Vermelho.

É um canal de nível, sem qualquer obra especial. A sua profundidade actual é de 11 metros, e os trabalhos em curso são destinados a aprofundá-lo até 12 metros. Emquanto que no princípio os navios com um calado de água superior a 7^m,50 não podiam ser admitidos, aceitam-se hoje paquetes com 9^m,45 de calado de água e em breve de 9^m,75 e mesmo de 10^m,06.

A largura do fundo é de 60 metros em tôda a parte norte; atinge mesmo 100 metros sôbre uma dezena de quilómetros. Na linha de água esta largura que depende da inclinação dos taludes, varia de 95 a 160 metros.

Não insistiremos sôbre o seu traçado geral, em vista da carta que publicamos ser suficientemente explícita. Note-mos simplesmente que tôda a parte asiática do lago Menzaleh foi entulhada e que os lagos Amers são utilizados como bacias. Por outro lado, o pôrto de Suez foi abandonado e substituído por um pôrto novo, Pôrto Thewfik, que termina o canal sôbre o mar Vermelho.

CANAL DE PANAMÁ. ❖ ❖ O canal de Panamá tem a sua origem em Colon, no Atlântico, atravessa o limiar de Loma del Mono, segue o vale de Chagres até Matachin, corta a Cordilheira na garganta de Culebra, segue o Rio Grande e desemboca no Pacífico perto de Panamá, em frente de Périco. A direcção geral é a de Noroeste a Sul-Sudeste; o seu comprimento total é de 73 quilómetros.

O projecto primitivo attribuía ao canal uma largura de 22 metros no fundo, uma profundidade de 8^m,50, salvo na passagem da Cordilheira, em que, sôbre um comprimento de 25 quilómetros, devia ter um fundo de 24 metros e uma profundidade de 9 metros. Como o de Suez, devia ser um canal de nível com uma via com seis *gares* de cruzamento.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Finalmente uma porta de maré, verdadeira eclusa, construída perto de Panamá, devia pôr o canal ao abrigo das diferenças de nível entre as marés dos dois oceanos.

Mal organizada financeiramente, a empresa francesa foi igualmente mal conduzida no ponto de vista técnico. Depois de ter extraído 50 milhões de metros cúbicos de terraplenos sôbre os 120 milhões que havia para extrair, os nossos engenheiros foram obrigados a abandonar os estaleiros. Sabe-se que a obra foi retomada pelos Estados Unidos, que a confiaram ao coronel Gœthals, o qual modificou o perfil do canal juntando-lhe as eclusas (fig. 44).

Aos 65 quilómetros de comprimento que êle mede sôbre



Fig. 47. — Perfil longitudinal do canal do Panamá.

a terra firme, o canal é prolongado sôbre o mar, duma parte e doutra, por 16 quilómetros de canais marítimos; a sua profundidade é de 13^m,70 com um mínimo de 12^m,20. As águas do Chagres, de que o canal corta 28 vezes o curso sinuoso, retidas pela barragem de Gatun, alimentam êste por intermédio dum lago artificial cujo plano de água está à cota de 25,90. Êste patamar, limitado pelas duas eclusas de Gatun e de Pedro Miguel, tem um comprimento de 51 quilómetros e a sua largura, no fundo, varia entre 200 e 300 metros. Na trincheira da Culebra, esta largura é de 91^m,50.

Em direcção ao Pacífico, a descida do patamar efectua-se pela eclusa de Pedro Miguel, que tem 9^m,15 de queda, à qual se segue um segundo patamar de 2 quilómetros de comprimento e cujo plano de água está à cota de 16,75. Um grupo de duas eclusas separadas por um patamar muito

curto abaixa enfim o plano de água do canal ao nível das águas do oceano Pacifico; são as eclusas de Miraflores, cuja altura de queda é variável, pois que ela depende das marés, que atingem 6^m,10 acima das baixas águas. A parte do canal depois destas eclusas tem 12 quilómetros de comprimento.

Do lado do Atlântico, o canal está ao nível do oceano num percurso de 11 quilómetros; franqueia em seguida o grupo de três eclusas de Gatun para atingir o patamar superior.

As grandes obras de arte são pois representadas pela barragem e pelo descarregador de Gatun e as eclusas, convindo juntar-lhes a execução da trincheira de Culebra. Descreveremos a barragem no capítulo reservado a esta espécie de obras.

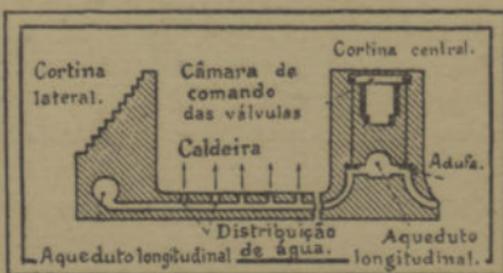


Fig. 48. — Corte transversal da eclusa de Gatun.

Como vimos, as eclusas são repartidas em três grupos: um em Gatun de três eclusas, um em Pedro Miguel duma única eclusa e um em Miraflores de duas eclusas. São as maiores do mundo.

A grande largura do canal permite a navegação contínua nos dois sentidos; era pois necessário adaptar as eclusas a este modo de exploração intensiva usando o sistema de eclusas geminadas, de duas caldeiras separadas por uma cortina central, sendo uma reservada aos navios provenientes do Atlântico e a outra aos navios provenientes do Pacifico. É além disso sempre possível efectuar a passagem de todos os navios, qualquer que seja a sua direcção, por uma mesma eclusa se a vizinha está em reparação.

As dimensões destas obras são consideráveis: o seu comprimento é de 305 metros e a largura de cada caldeira

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

é de 33^m,53. A cortina central é uma enorme alvenaria de 18^m,30 de espessura; as outras teem 15^m,24 na base. Quanto ao fundo da eclusa, cuja espessura depende da natureza do terreno sôbre que assenta, a sua largura varia de 110 a 120 metros. O grande comprimento das caldeiras poderia surpreender se não disséssemos que são separadas em duas por uma porta central permitindo eclusar dois navios ao mesmo tempo quando êles teem menos de 150 metros de comprimento.

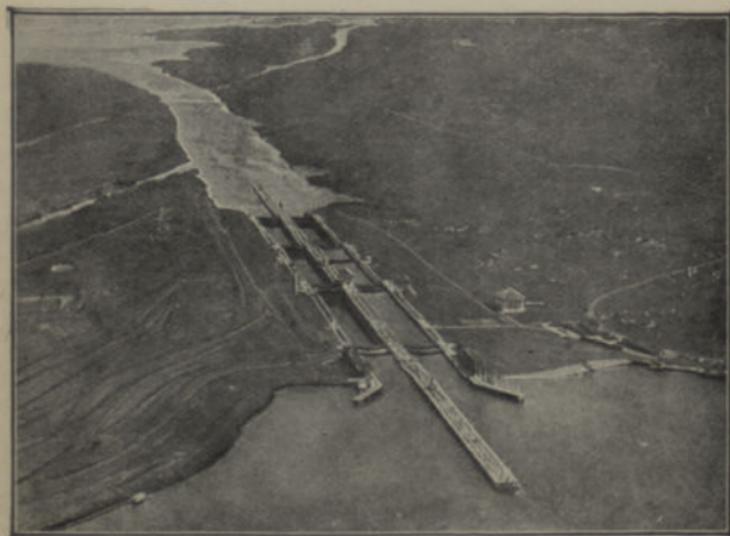
Em cada grupo de eclusas, a cortina central é ainda prolongada cêrca de 300 metros a montante e a jusante da obra; constitue-se assim uma espécie de portos de espera para os navios que se apresentam à eclusagem.

O enchimento das caldeiras e o seu esvaziamento efectuam-se por intermédio de aquedutos estabelecidos nas cortinas durante a sua construção. Assim como o indica o desenho em côrte (fig. 48), um canal da mesma secção que a dos subterrâneos tubulares dos metropolitanos corre sôbre todo o comprimento da cortina central; mede 5^m,685 na sua maior largura e comunica por canais laterais providos de adufas com dez canais transversais estendendo-se sob cada caldeira. Nas cortinas, o aqueduto longitudinal é de secção circular de 5^m,485 de diâmetro. Dêste aqueduto partem ainda dez canais laterais, que se prolongam igualmente sob o fundo da caldeira e alternam com os precedentes. O diâmetro destas condutas inferiores é de 1^m,98. Cada uma delas abre-se na caldeira, através o fundo, por aberturas circulares situadas a 5^m,485 umas das outras, de eixo a eixo. A água penetra na caldeira por êste sistema de canalizações e escapa-se da mesma forma; como os enormes redemoínhos que se produzem poderiam tornar-se perigosos para os navios que os suportam, foi decidido limitar-lhes o consumo, que é calculado de tal forma que o enchimento se efectua à razão de 0^m,61 de altura por minuto.

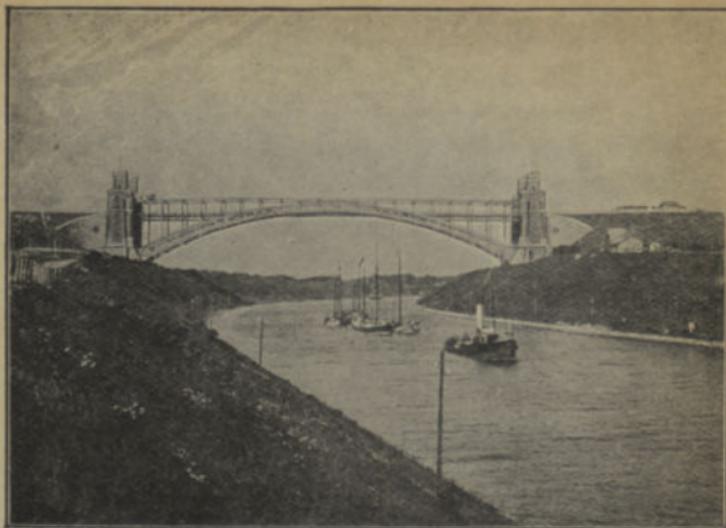
Sendo de 90.000 metros cúbicos a capacidade de cada caldeira, o enchimento efectua-se em quinze minutos, à



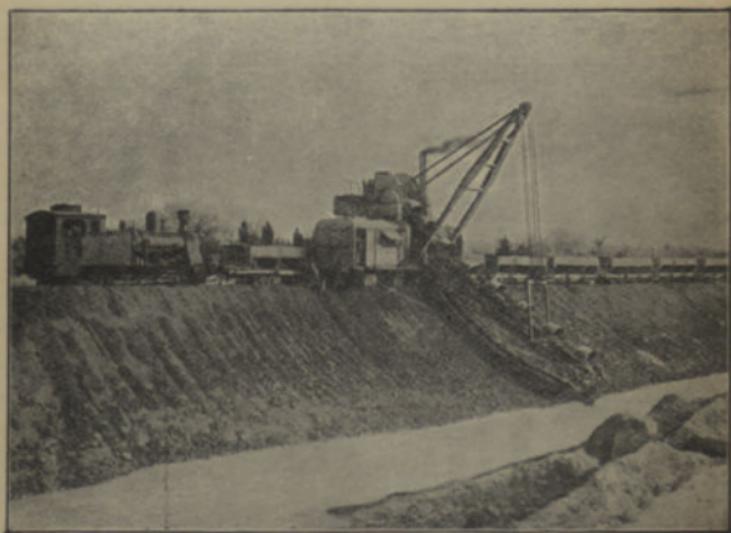
CANAL DE SUEZ



CANAL DE PANAMÁ
Uma eclusa. Vista de avião.



ANAL DE KIEL



CANAL DE MARSELHA AO RÓDANO
Os trabalhos de construção.

razão de 110 metros cúbicos por segundo. Nestas condições, a eclusagem dum navio dura somente cêrca de meia hora.

O grupo das três eclusas de Gatun é dos mais interessantes: o nosso desenho (fig. 49) mostra o meio comprimento duma destas eclusas. Cada caldeira é dividida por portas em três secções independentes. À frente encontra-se uma barragem de segurança que interviria em caso de acidente, detrás da qual as cadeias B, estacionando no fundo da caldeira, podem ser elevadas para agüentar o embate dum navio antes que atinja as portas duplas C e D. Esta pri-



Fig. 49. — Eclusas de Gatun, vistas em planta da parte a montante.

meira caldeira (superior) é ainda provida de portas intermediárias E igualmente garantidas por cadeias B. Estas últimas portas e as suas cadeias não interveem senão para a eclusagem dos navios de média tonelagem; permitem uma notável economia de água.

As portas destas eclusas são construções metálicas extremamente robustas. As dimensões variam com as eclusas; as mais pequenas teem $14^m,45$ de altura: a da extremidade jusante do grupo de Miraflores tem 25 metros. Um pequeno batente pesa 300 toneladas, os maiores 750 toneladas. O pêso total das quarenta e seis portas de eclusas do canal é de 60.000 toneladas.

A espessura de cada batente é de $2^m,18$ e a sua largura de $19^m,81$. Nesta espessura está praticado um compartimento-estanque, cheio de ar para aumentar a flutuabilidade do batente; êste compartimento é dividido em três secções

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

independentes, de tal maneira que, se um acidente sobreviesse a uma delas, as duas outras conservariam a sua calafetação.

A manobra destas pontes é assegurada por potentes meios mecânicos. A cada batente é atrelado com efeito um motor eléctrico de 35 cavalos, que actua sobre uma enorme biela acionada por rodas de engrenagens.

A tracção dos navios nas eclusas efectua-se por meio de locomotivas eléctricas, à razão de quatro por navio: duas à frente e duas à rétaguarda, circulando sobre vias estabelecidas sobre cada cortina; as locomotivas da rétaguarda interveem somente para manter o navio no eixo da eclusa.

A construção das eclusas e da barragem de Gatun absorveu 3 milhões de metros cúbicos de alvenaria, da qual a maior parte em betão de cimento.

Para conduzir os materiais: cimentos, areia e seixos, o mais próximo possível do seu lugar de utilização, construiu-se um pequeno pôrto na extremidade da parte francesa do canal. Para a descarga dos navios, utilizavam-se transportadores funiculares cujas cestas, circulando sobre cabos, eram accionadas por motores eléctricos de 150 cavalos. A areia e as pedras eram dispostas em montes separados e o cimento pôsto dentro dos *hangares*, não sobre o solo, mas em cima de plataformas sobrelevadas com tremonhas pelas quais estes materiais eram carregados em vagões que os transportavam aos estaleiros de construção.

O betão fabricado em oito betoneiras era transportado para junto da obra por novos transportadores de cestas accionados electricamente. Os pilares que suportam os cabos transportadores eram elles próprios montados sobre carris e providos de motores eléctricos para facilitar o seu deslocamento sobre todo o comprimento dos estaleiros. Construíram-se 1.800 metros cúbicos de alvenaria por dia de nove horas.

Na eclusa de Pedro-Miguel constituíram-se aprovisionamentos de pedras e de areia sobre estacadas estabelecidas no fundo do canal. Entre elas circulava o combóio

de cimento. Pontes rolantes de 46 metros de alcance levantavam estes materiais e despejavam-nos directamente nas betoneiras instaladas nos próprios pilares destas pontes. Vagões tomavam em seguida o betão, conduziam-no nas caldeiras e as cestas movidas elèctricamente depositavam-no no local requerido.

Uma palavra ainda sôbre a trincheira de Culebra, que foi o ponto fraco do empreendimento francês. Esta trincheira teve de ser aberta sôbre 12 quilómetros de comprimento e um máximo de 74 metros de profundidade através



Fig. 50. — *Vista em planta do canal de Panamá e da zona do canal.*

de terrenos sem consistência. Assim os desmoronamentos produziram-se incessantemente, por assim dizer, desde o primeiro golpe de picareta; a tal ponto que houve 22 milhões de metros cúbicos de terraplanagens suplementares.

Utilizaram-se escavadores de colher, cada um dos quais com a capacidade de 1 metro cúbico. As rochas foram desagregadas com dinamite e os fragmentos transportados parcialmente a Gatun, em que serviram para a construção da barragem; o resto foi depositado sôbre uma e outra vertente da Cordilheira. Extraíram-se desta trincheira 95 milhões de metros cúbicos de desaterros.

A instalação marítima do canal de Panamá é completada por três espécies de docas sêcas de que uma, a de Mount-Hope, de 91^m,50 de comprimento e 15^m,25 de lar-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

gura, foi construída pela companhia francesa. As duas outras foram estabelecidas em Balboa; a maior tem 305 metros de comprimento, 33^m,55 de largura e 10^m,67 de calado de água. São destinadas às reparações dos navios que transitam pelo canal.

Em Cristobal está instalado um depósito de carvão que pode conter 200.000 toneladas. Perto da doca seca de Balboa encontra-se igualmente um segundo depósito de 100.000 toneladas. Finalmente em cada um destes pontos foram ainda construídos reservatórios para 40.000 barris de petróleo.

Para terminar o canal de Panamá, o governo americano dispendeu 1.876 milhões de francos, dos quais 68 milhões para a barragem de Gatun e 129 milhões para as eclusas, 40 milhões para a trincheira de Culebra, 63 milhões para a eclusa de Pedro-Miguel, 99 milhões para as de Miraflores, 100 milhões para os trabalhos sanitários e administração civil, 200 milhões de indemnização à companhia francesa. Por outro lado as despesas da companhia francesa elevaram-se a 1.479 milhões, dos quais 70 milhões para trabalhos de fortificação. A perfuração do istmo de Panamá custou pois a soma formidável de 3.325 milhões de francos, seja 41 milhões e meio por quilómetro.

O CANAL DE KIEL. ❖ ❖ O canal de Kiel, simultaneamente económico e militar, é destinado aos navios que se dirigem do mar do Norte ao Báltico, e *vice-versa*, para lhes evitar a volta pelos estreitos entre a península de Jutlândia, a Noruega e a Suécia. A sua construção foi decidida desde 1860; mas as guerras de 1866 e de 1870 assim como a opposição do grande estado-maior alemão retardaram-na até 1878. Foi empreendida pelo financeiro hamburguês Dahlstrom, com autorização do governo prussiano e foi somente em 1886 que uma lei declarou o canal de utilidade pública permitindo à Prússia tomar entre mãos a empresa.

Parte de Brunsbüttel, sobre o Elba, e desemboca em Kiel sobre o mar Báltico. É um canal de nível com 93^{km},650 de

comprimento; as duas eclusas que o terminam não têm outro fim senão o de o subtrair às influências das marés do mar do Norte e do mar Báltico. Do lado do Elba, as portas estão fechadas metade do tempo; do lado do Báltico ficam abertas trezentos e quarenta dias por ano, sendo as variações de 0^m,50 duma parte e da outra do nível médio.

A profundidade é de 11 metros abaixo do plano de água e a largura no fundo de 45 metros nas linhas rectas. Os cruzamentos dos navios efectuam-se nas *gares* espaçadas de 2 quilómetros em média, tendo 450 metros de comprimento e 60 metros de largura no fundo. O canal é alimentado pelo Eider, que lhe pode fornecer 370 mil metros cúbicos e pelo Báltico.

A sua construção apresentou grandes dificuldades pela travessia de regiões pantanosas. Nos pântanos de superfície um pouco consis-

tente, construíam-se diques de cada lado do traçado a-fim-de isolar a porção de pântano a cavar. Sob a acção do peso destes diques, feitos de areia, as matérias levantavam-se, secavam-se, e podiam ser facilmente retiradas.

Quando o solo era muito mole, construíam-se diques em estacas que suportavam uma via férrea estreita sobre a qual rolavam vagonetas cheias de areia; esta areia era despejada entre as estacas. Para a travessia dos lagos, as vagonetas transportadoras de areia rolavam sobre vias instaladas sobre jangadas.

As eclusas são de duas caldeiras ligadas, geminadas, como no Panamá (fig. 51). São assentes sobre um maciço de betão de 2^m,50 a 3^m,50 de espessura. As cortinas têm 215^m,85 de comprimento e cada caldeira 25 metros de lar-

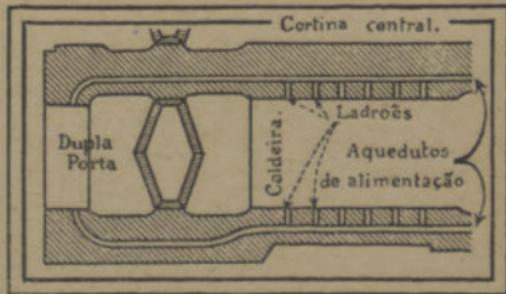


Fig. 51. — Eclusa dupla do canal de Kiel.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

gura e 150 metros de comprimento entre as portas. O fundo e os muros são feitos em alvenaria de teijolos e os ângulos em granito. Na construção da eclusa do Báltico, entraram 5.500 metros cúbicos de alvenaria ordinária, 70.000 metros cúbicos de betão e 65.000 metros cúbicos de teijolos. Custou 11.250.000 francos. A de Brunsbüttel custou 20 milhões de francos, porque foi preciso utilizar caixões para as fundações executadas debaixo de água.

As portas das eclusas apresentam uma disposição especial. Há, em cada caldeira, três portas dúplas de dois batentes, dos quais um no meio; abrem-se em sentido inverso uma da outra para permitir o encerramento da eclusa, qualquer que seja a maré; as portas intermédias facilitam a manobra das portas extremas. São accionadas por motores hidráulicos assim como os cabrestantes de tracção. Finalmente o enchimento das caldeiras efectua-se por condutas praticadas nas cortinas.

O CANAL DE MARSELHA AO RÓDANO. ❖ ❖ Parece que depois de ter descrito minuciosamente os trabalhos do canal de Panamá, nada mais seria interessante. Vamos ver que o canal de Marselha ao Ródano merece figurar ao lado dos precedentes pela sua extensão e pelas importantes obras às quais a sua construção deu origem.

O canal reúne o pôrto de Marselha a Arles. Parte da bacia denominada de armazenagem (ver mais longe o estudo que consagramos ao pôrto de Marselha), margina a costa do mar ao abrigo dum dique de 5 quilómetros de comprimento até ao pôrto de Lave, penetra sob a cadeia do Rove, que atravessa em subterrâneo num comprimento de 7.118 metros, abre-se em seguida numa trincheira de 2 quilómetros de extensão, depois segue a margem Sul dos lagos de Bolmon e de Berre até Martigues. Lá apodera-se do canal marítimo de Martigues a Pôrto-de-Bouc e em seguida do canal de navegação interior entre Pôrto de Bouc e Arles, onde se junta ao Ródano por uma eclusa de 160 metros de comprimento de caldeira por 14 metros de largura.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Ao abandonar o subterrâneo, o canal franqueia a trincheira de Gignac a uma profundidade de 30 metros e donde se extraíram ainda 1.200.000 metros cúbicos de materiais. Atinge em seguida o lago de Berre.

O canal marítimo, entre Martigues e Pôrto-de-Bouc, terá uma largura de 50 metros no fundo e 10 metros de profundidade abaixo de zero hidrográfico. Entre os cumes dos taludes, a largura será de 120 metros. O canal poderá assim, vindo de Pôrto-de-Bouc, receber barcos de 19 metros de largura e 9 metros de calado de água. Na travessia de Martigues, as comunicações duma margem para a outra, serão asseguradas por uma ponte móvel desimpedindo uma passagem de 10 metros de profundidade e 40 metros de largura.

Teremos ocasião de voltar a falar sôbre êste canal marítimo no nosso capítulo sôbre os portos.

CAPÍTULO IV

As barragens

Definições e generalidades. — Classificação das barragens. — Barragens de terra. — Barragens mistas. — Barragens de alvenaria. — Barragens-descarregadores. — Barragens em betão armado. — Barragem de Galveston.

DEFINIÇÕES. GENERALIDADES. ❖ ❖ As barragens têm como fim fazerem a reserva dos consumos superabundantes dos rios ; utilizam-se estas reservas, seja na alimentação das cidades, dos canais de navegação e de irrigação, seja na criação de forças motrizes para o serviço das fábricas hidro-eléctricas, seja na regularização do regímen dos rios pela atenuação das suas cheias e aumento do seu consumo de estiagem. As barragens criam então verdadeiros lagos artificiais, de extensão e de capacidade algumas vezes consideráveis, que lhe valeram o nome de *barragens-reservatórios*.

Os rios com barragens têm muitas vezes consumos assaz importantes para permitir armazenar as águas das cheias. É preciso então que as próprias barragens sejam sobrepujadas pelo nível das grandes águas e funcionem como poderosos descarregadores. Neste caso chamam-se *barragens-descarregadores*.

Quando as barragens são estabelecidas sobre os rios de consumo permanente importante, para o serviço das fábricas hidro-eléctricas construídas na proximidade da obra ou mesmo no interior da própria barragem, ou bem ainda para derivar uma parte do consumo sobre os canais de condução das fábricas situadas mais a jusante, dá-se-lhes o nome de *barragens-fábricas* ou *barragens de tomada de água*.

Outras barragens têm por missão criar patamares de

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

navegação para levantamento do plano de água ; recebem então dispositivos permitindo-lhes desaparecer mais ou menos completamente diante das cheias ; são as *barragens móveis*.

Finalmente quando as barragens são estabelecidas a altitudes muito elevadas sôbre o exutório dos lagos naturais para lhes aumentar a reserva pela elevação do seu plano de água, tomam o nome de *barragens sôbre lagos reservatórios*.

Na prática, não existe demarcação muito nítida entre as diversas categorias de barragens.

Para realizar um reservatório, qualquer que seja o uso a que é destinado, é necessário assegurarmo-nos da possibilidade de construir a barragem. O local escolhido deve satisfazer a um certo número de condições bastante difíceis de reunir. É preciso :

1.º Encontrar uma garganta tam apertada quanto possível para reduzir a importância da obra em comprimento ;

2.º Que os flancos e o fundo desta garganta sejam em rocha muito dura e impermeável, sem falhas nem bolsos de argila ;

3.º Que o vale se alargue imediatamente para montante para se obter um reservatório de grande capacidade sem se ser obrigado a construir uma barragem duma altura muito grande ;

4.º Que os terrenos destinados a ser submergidos não encerrem habitações ou propriedades de valor, nem vias de comunicação difíceis de desviar ;

5.º Que o sub-solo dêstes terrenos seja bastante impermeável para evitar as perdas por fugas subterrâneas ;

6.º Que os recursos hidráulicos da região situada a montante sejam suficientes para preencher largamente a capacidade considerada.

Compreender-se-á que os lugares satisfazendo a tôdas estas condições sejam bastante raros ; é assim que, para a Alta-Durance, sôbre uma vintena de pontos primitivamente escolhidos, dezoito foram eliminados depois de um exame aprofundado.

CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS. ❖ ❖ No ponto de vista da construção, classificam-se as barragens em :

Diques de terra ;

Diques mistos, terra e alvenaria ou betão ;

Diques de betão armado.

Os diques de terra são geralmente empregados para as retenções de fraca e média altura. Para as alturas médias, escolhem-se algumas vezes os diques mistos, sistema que prevaleceu no estrangeiro. Para as grandes retenções, é preciso recorrer às barragens de alvenaria ou de betão. Recentemente, as barragens de médias retenções são construídas em cimento armado.

As condições locais interveem em grande parte na escolha do tipo. É assim que a proximidade de boas terras para barro e a ausência de bons materiais para alvenaria conduziriam a escolher de preferência a barragem de terra ou o dique misto. Inversamente, a presença duma base sólida e a vizinhança de boas pedreiras determinarão a construção duma barragem de alvenaria ou de betão. O afastamento, as dificuldades de aprovisionamento militarão, pelo contrário, a favor do cimento armado.

Há a notar, por outro lado, que o dique de terra, ou o dique misto, não podem ser construídos senão por processos empíricos, por comparação com outras obras que se comportaram bem. Nas barragens de alvenaria, de betão ou em betão armado pode-se, pelo contrário, determinar exactamente pelo cálculo os esforços a suportar por cada parte da obra. Foi por isso que estes materiais se impuseram quando houve necessidade de considerar as grandes alturas.

BARRAGENS DE TERRA. ❖ ❖ O perfil das barragens de terra executadas em França varia pouco duma obra para a outra. Sôbre a face a montante encontra-se sempre um revestimento de alvenaria ou em betão que impõe a acção das vagas a todos os níveis, à medida do enchimento e esvaziamento. Este revestimento é geralmente disposto

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

em degraus segundo uma linha geral de taludes a $3/2$ (3 metros de base e 2 metros de altura). No entretanto, para as retenções de fraca altura, o talude é algumas vezes constituído por um simples revestimento de pedras sêcas. Sôbre a face a jusante, constroe-se uma sucessão de taludes mais ou menos altos separados por bermas mais ou menos largas. O conjunto é revestido dum arrelvamento dado por uma boa espessura de terra vegetal.

O coroamento tem sempre pelo menos 4 metros de largura, tanto para constituir uma massa suficientemente resistente na parte superior do dique sempre batida pelas vagas como para assegurar a passagem duma via de serviço ou mesmo duma via de comunicação. Quási sempre, também, um sólido parapeito de alvenaria, ou pelo menos uma forte banquetta, corôa a cabeça do lado a montante, aumentando a protecção contra as vagas.

Junto ao talude a montante encontra-se um forte muro de guarda de alvenaria ou de betão, descendo até ao terreno sólido e impermeável através das camadas permeáveis da superfície do solo. Êste muro serve simultâneamente de base ao revestimento de alvenaria da parede de montante e de *écran* contra as infiltrações ; é para êste efeito revestido dum barro de terra argilosa e de areia sôbre as suas duas faces, sendo o do lado a jusante ligado ao perfil geral da obra.

Salvo no caso de diques muito compridos ou em condições especiais de concordância com as margens, dá-se ao dique uma forma curva em plano com a convexidade para montante. Se, com efeito, por uma causa qualquer : flexão do terreno de fundação, abatimento, pressão da água, o dique se inflete um pouco para jusante, a convexidade para montante presta-se a uma compressão das terras e opõe-se, por consequência, à produção de fendas.

As únicas terras próprias para a construção duma destas barragens são as de natureza argilo-arenosa, que apresen-

tam as qualidades de incompressibilidade e de vedação necessárias. A areia deve predominar, tanto quanto possível, na proporção de dois terços de areia por um terço de argila. Durante a execução dos trabalhos, é preciso providenciar para que o atêrro do dique seja tam

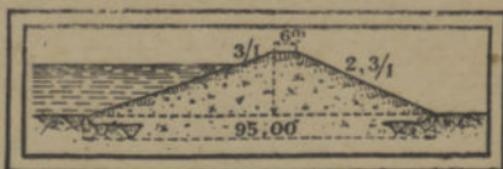


Fig. 53. — Dique de Marmande.

homogêneo quanto possível a-fim-de evitar as infiltrações entre dois estratos sucessivos. Por outro lado suprimem-se



Fig. 54. — Dique de Montaubry.

as infiltrações entre o terreno natural e o atêrro retirando a terra da superfície do solo, geralmente permeável, para nitidamente atingir as camadas compactas. O muro de guarda constitue,

aliás, uma protecção muito eficaz. Os mais importantes destes diques construidos em França são o de Marmande (fig. 53), que é um dos mais antigos ; o de Montaubry (fig. 54), que forma um reservatório com mais de 5 milhões de metros cúbicos ; o de Liez (fig. 55), criou um reservatório de 16.100.000



Fig. 55. — Dique de Liez.

metros cúbicos ; o de Vassy ; o de Torcy-Neuf (fig. 56) com o seu reservatório de 8.760.000 metros cúbicos ; o de Char-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

mes, cujo reservatório tem uma capacidade de 11 milhões de metros cúbicos; o de Gros-bois e sobretudo o de Vingeanne, que tem um desenvolvimento de 1.250 metros e ao qual foi preciso dar sôbre 356 metros de comprimento uma convexidade para jusante com o fim de facilitar a sua ligação normal às margens. As figuras que acompanham êste texto dispensam-nos de dar as cotas principais.

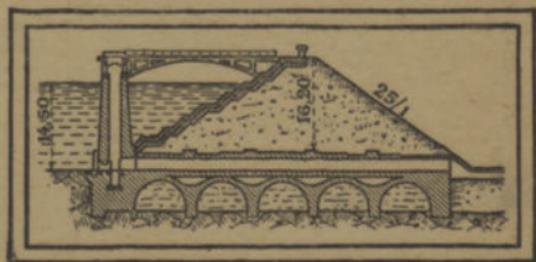


Fig. 56. — *Dique de Torcy-Neuf.*

As disposições adoptadas no estrangeiro para o estabelecimento dos diques de terra são bastantes diferente das que acabamos de expôr.

As de tipo inglês comportam um núcleo central de ar-

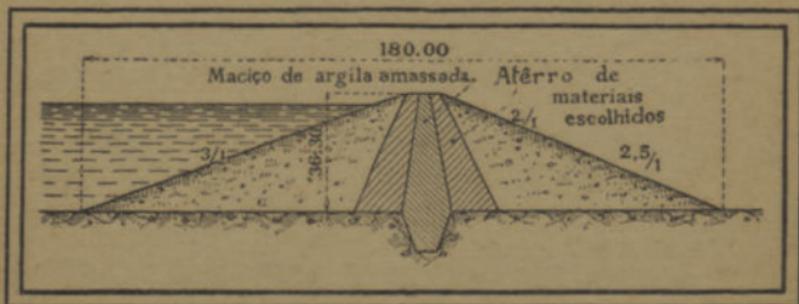


Fig. 57. — *Dique de Stockport.*

gila amassada formando *écran* às infiltrações e enterrando-se no solo até ao terreno impermeável. À frente e atrás são dispostos dois outros maciços de materiais finos (terra vegetal) apertados contra o núcleo de argila. Finalmente outros materiais, menos escolhidos, completam exteriormente o dique duma parte e doutra com taludes muito suaves, sobretudo

a montante, onde a inclinação geralmente admitida é de 3/1 em lugar de 3/2 no tipo francês. A vedação é pois pedida aqui ao maciço central, emquanto que a resistência é fornecida pela massa que o envolve. O dique de Stockport caracteriza nitidamente esta construção (fig. 57).

Um outro processo de construção de diques de terra, que ganha terreno na América, consiste no transporte de materiais pela via hidráulica.

Estabelecem-se em primeiro lugar dois muros paralelos com blocos de pedra, pedras de alvenaria, cascalho, areia grossa, fuchinas, etc.; depois enche-se o intervalo entre



Fig. 58. — Barragem de Gatun.

esta espécie de muros grosseiros pelos aterros transportados por potentes correntes de água correndo em canais formados por pedras furadas e em condutas montadas sobre cavaletes. Tiram-se estes muros à medida que se faz o seu enchimento. Os materiais que os constituem deixam filtrar as águas transportadoras mas detêm as partículas sólidas para formar um núcleo impermeável no centro do futuro dique.

Este género de barragem tem aplicações muito importantes, mesmo para alturas de retenção que se não poderia ter pensado em atingir com diques de terra ordinária.

Citemos, neste género, o dique de Nexaca (México), que tem 59 metros de altura, 16^m,50 de largura no vértice e 291 metros na base; o grande dique de Claveras (Califórnia), que deve ser a mais alta barragem de terra de todo o mundo, tem 73 metros de altura; infelizmente um desmoroamento retardou o acabamento dos trabalhos.

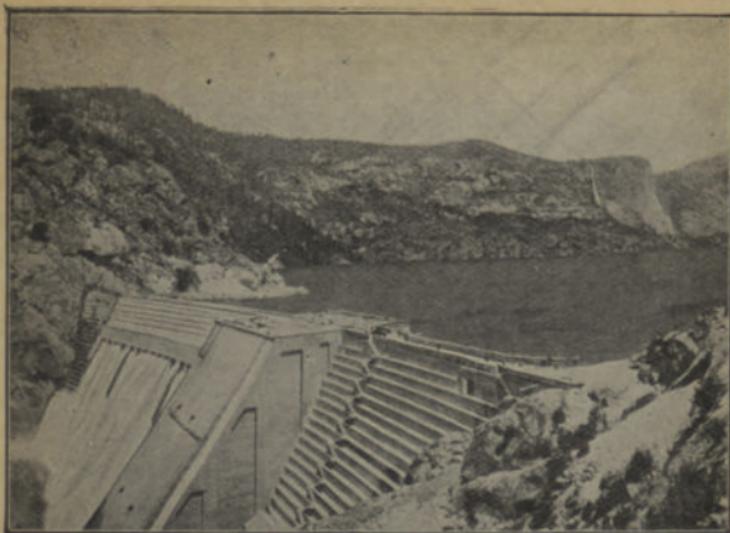
OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

A obra mais considerável d'êste género é a de Gatun (fig. 58), estabelecida para alimentação do canal de Panamá. Esta barragem permitiu criar um lago artificial de 42.500 hectares de superfície armazenando as águas do Chagres e dos seus afluentes, cujo consumo é extremamente irregular. Por esta razão, o plano de água do lago não pode ser mantido invariável durante todo o ano. Em dezembro, estação chuvosa, pode atingir $0^m,61$ acima do seu nível normal e descer, em julho, a $1^m,06$ abaixo, sem que a navegação com isso sofra; acumula-se assim, durante o inverno, uma massa suplementar de 700 milhões de metros cúbicos que fornecem um consumo de 70 metros cúbicos por segundo durante a estação sêca, consumo suficiente para a alimentação do canal, pois que o Chagres e os seus afluentes continuam a despejar no lago 48 metros cúbicos por segundo em média.

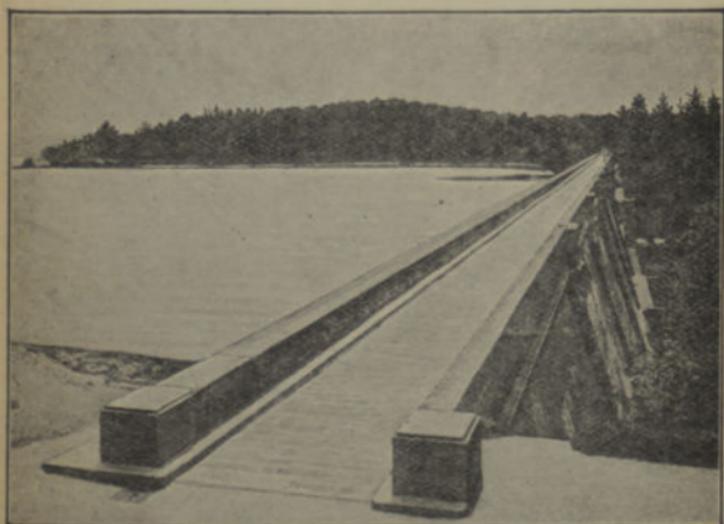
O comprimento total da barragem é de 2.245 metros, nêles compreendidos a eclusa e o descarregador; mas a carga total dos 35 metros de altura de água não se exerce senão sôbre um comprimento de 155 metros, alteando-se o solo rapidamente de cada lado das margens da torrente.

Repousa sôbre aluviões muito profundas, impermeáveis e incompressíveis, e foi construído, como acabamos de explicar, por duas linhas de enrocamentos, provindo da trincheira de Culebra, entre os quais se despejaram, hidráulica-mente, aterros argilo-arenosos. A sua espessura na base é de 800 metros, de 120 metros no plano de água e de $30^m,48$ na crista. O seu volume total é de 18 milhões de metros cúbicos.

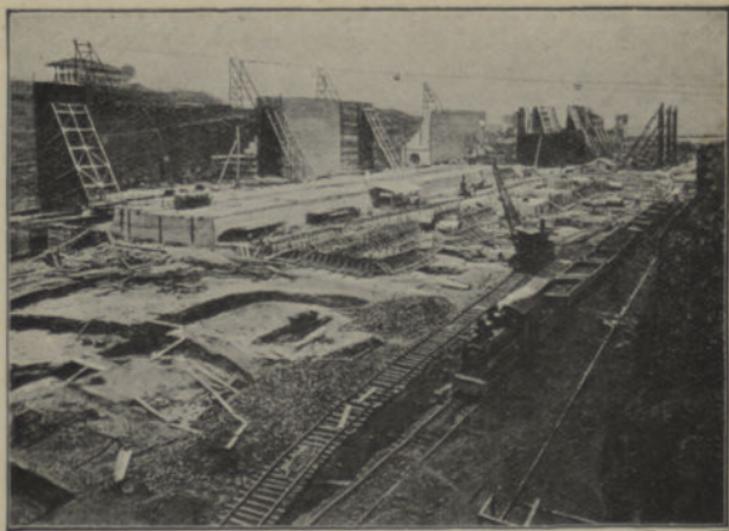
Os engenheiros calcularam que seria vantajoso diminuir a extensão do descarregador adoptando o sistema das adufas reguladoras distribuídas sôbre uma superfície circular. As águas despejam-se pois de tôdas as adufas dirigindo-se para um vértice comum sôbre o qual se chocam amortecendo a violência da sua queda. Êste descarregador é constituído por um maciço de betão sobrepujado de pilares limitando as 14 adufas ($14^m,41$ de largura para cada uma) que



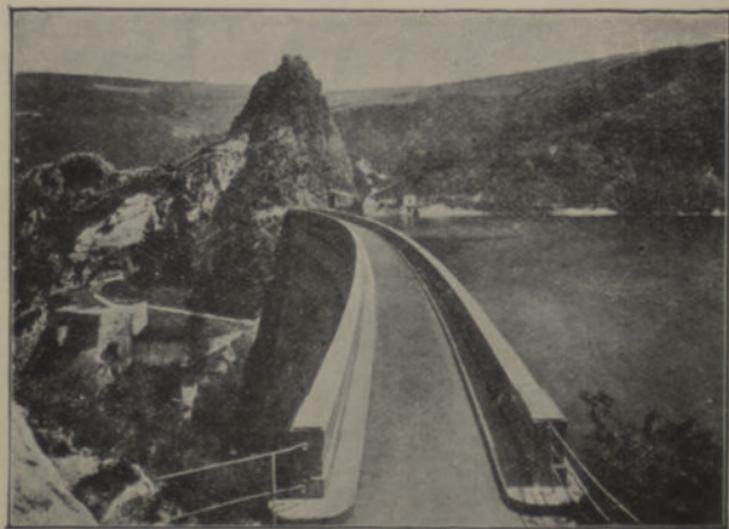
RESERVATÓRIO DE S. FRANCISCO



O DIQUE DOS SETTONS



ESTALEIRO DAS ECLUSAS DE GATUN



SAINT-ÉTIENNE : ROCHETAILLÉE
A barragem.

podem consumir 4.400 metros cúbicos de água por segundo, quer dizer, um consumo superior ao do Chagres e seus afluentes durante as maiores cheias. A altura destas adufas é de 5^m,80, e pesam 42 toneladas cada uma.

BARRAGENS MISTAS. ✚ ✚ São essencialmente compostas duma massa de terra cujo coração é ocupado por um écran de betão ou de alvenaria. É, em suma, o tipo inglês de barragem de terra no qual se substituiu o núcleo de argila por alvenaria ou betão. Este género de dique, muito

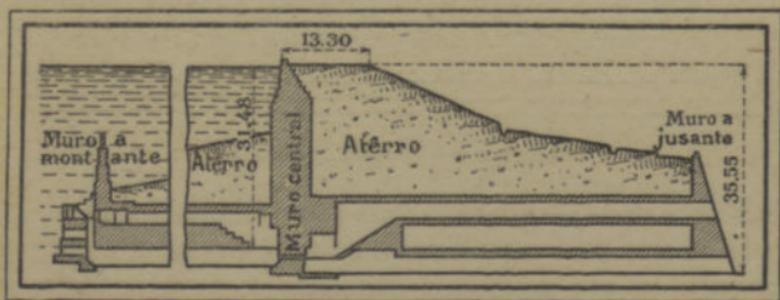


Fig. 59. — Barragem de Saint-Ferréol.

empregado no estrangeiro, não tem tido grande número de aplicações em França.

A do reservatório de Saint-Ferréol (fig. 59) merece no entretanto uma menção especial não só em virtude da sua antiguidade como da sua importância. Construída sob a direcção de Riquet de 1667 a 1671 para a alimentação do patamar de divisão do canal do Meio-Dia, na garganta de Naurouze, cria uma retenção de mais de 31 metros. Formada duma enorme massa de atêrro com a largura de 140 metros na base e limitada por dois muros exteriores, é cortada por um terceiro muro que ocupa pouco mais ou menos o meio. O muro de montante tem 10 metros de altura, o de jusante 20 metros; quanto ao muro central, com a largura de 6 metros em quasi tôda a sua altura, parte do rochedo e eleva-se até ao coroamento para formar parapeito.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Um outro tipo de dique misto é o que foi construído no exutório do lago de Oredon, nos Pireneus, para aumentar a capacidade, tendo em vista a electrificação dos caminhos de ferro do Meio-Dia. Neste dique, que cria uma retenção de 24 metros e eleva o volume do lago a 7.300.000 metros

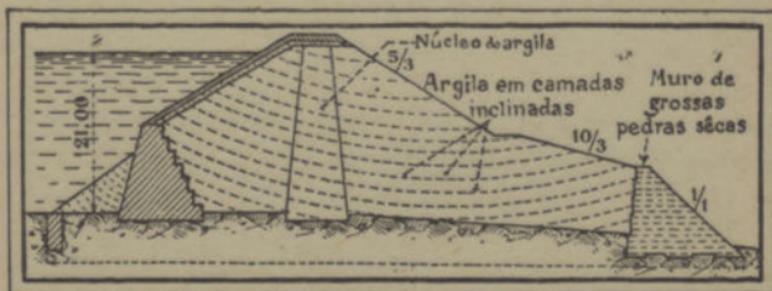


Fig. 60. — Barragem de Padduli.

cúbicos, a parte encarregada da vedação foi nitidamente separada da que dá a estabilidade. Sôbre a parede a montante encontra-se um diafragma composto dum empedrado de pedras secas inclinado a $3/2$ e apoiado sôbre o atêrro; por cima vem uma primeira camada de betão de cal de $0^m,20$



Fig. 61. — Barragem d'Oakley.

de espessura; em seguida um segundo empedrado de $0^m,30$; uma segunda camada de betão de $1^m,60$ de espessura na base e $1^m,20$ no vértice; uma chapa de betume de $0^m,02$, e finalmente um terceiro empedrado de 1 metro de espessura formando protecção contra as vagas e os blocos de gêlo. Quanto ao maciço de terra formando atêrro, foi estabelecido em areia, cascalho e seixos, sem argila, muito permeáveis mas perfeitamente incompressíveis.

Em Itália o maior espécime de diques mistos é a barragem de Padduli na província de Parma. A figura 60 mostra

a curiosa disposição das camadas de argila que a constituem.

Nos Estados Unidos, as barragens mistas são numerosas. Uma das mais importantes é a de Oakley, terminada em 1913, que mede 225 metros de largura na base e 320 metros de comprimento em corôa. É formada duma mistura muito uniforme de areia, argila e pedras miúdas; os taludes são recobertos de enrocamentos. O pequeno muro central, que desce 8 metros abaixo do solo, é de betão ordinário com 1 metro de espessura até 3 metros acima do solo, depois em betão armado, sôbre uma espessura de 0^m,30 até ao vértice (fig. 61).

Existe ainda uma categoria de diques, que se poderiam em rigor ligar às obras de alvenaria, nas quais o diagrama de vedação, quer seja colocado na parede de montante ou no maciço, é escorado, não mais pelas terras argilo-arenosas ou saibrosas, mas por enrocamentos ou pedras sêcas. São os *diques de enrocamentos*.

A mais elevada dêste género é a de Moreno River, nos Estados Unidos, com a altura de 61 metros.

BARRAGENS DE ALVENARIA. ❖ ❖ Emquanto que as barragens de alvenaria foram conhecidas desde a mais alta antiguidade, as mais antigas que possuímos na Europa só datam de três séculos. Foram construídas na Espanha e tiveram logo alturas importantes para assegurarem os serviços de irrigação. Construíam-se com formas muito variáveis, sem que nenhuma consideração teórica tenha presidido ao estabelecimento do seu perfil e pedindo geralmente a estabilidade necessária a um excesso de massa. A barragem de Alicante, construída cêrca de 1580, deteve por muito tempo o *record* da altura com 41 metros; tem 37 metros de espessura na base e 20 metros no vértice. A de Puentès, construída em 1791, criou uma retenção de 50 metros e uma reserva de 35 milhões de metros cúbicos (fig. 62).

Depois da construção da barragem dos Settons (1858), os engenheiros franceses, em particular os Srs. de Sazilly

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

e Delocre, estudaram o perfil racional a dar às barragens de alvenaria para obter simultaneamente a maior resistência aos esforços e a melhor utilização dos materiais. Foi depois do resultado dos seus trabalhos que se construiu a notável barragem de Furens, que tem sido o protótipo das barragens de alvenaria em seguida executadas tanto em França como no estrangeiro.

A barragem do Furens, ou do gôlfo do Inferno (fig. 63), construída de 1861 a 1866, a 9 quilómetros a montante de

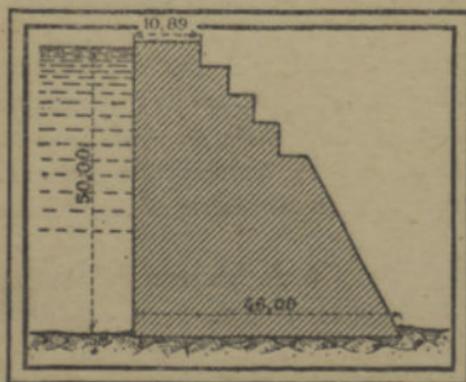


Fig. 62. — Barragem de Puentès.

entre rochedos compactos e muito escarpados, a barragem opera uma retenção de 50 metros com 100 metros de comprimento em corôa segundo um arco de $252^m,50$ de raio. O seu perfil é formado duma série de curvas que aumentam progressivamente a espessura, fracamente a montante e rapidamente a jusante. Com a largura de $3^m,02$ na corôa, a sua base atinge $49^m,08$. Foi construída inteiramente de alvenaria ordinária, cuidadosamente executada com pedras de granito, areias gráníticas muito puras e cal hidráulica.

Citemos em seguida, em França, a barragem de Ternay, de $35^m,35$ de retenção; a de Rive, ou do Ban, de $47^m,80$ de altura; a da Muche, que alimenta o canal do Marne ao Saône e mede 410 metros de comprimento, com uma retenção de $22^m,55$; a de Chartrain, para alimentação da

cidade de Roanne, de 241 metros de comprimento e 46 metros de retenção ; a barragem de Sioule (Puy-de-Dôme), construída para fornecer a energia a uma fábrica hidro-eléctrica com uma reserva de 3 milhões de metros cúbicos ; a barragem do Haut-Cher, a 14 quilómetros a jusante de Montluçon, estabelecida simultâneamente para o serviço duma fábrica hidro-eléctrica e para a alimentação da cidade ; com uma retenção de 45 metros e um comprimento de 98^m,50, acumula uma reserva de 26 milhões de metros cúbicos.

Entre as últimas barragens executadas em França, assinalaremos a de Dardennes, que alimenta a cidade de Toulon ; tem 154 metros de comprimento em corôa, 33^m,60 de altura. Finalmente, a barragem da Valette, no Lignon, construída de 1911 a 1918 pela cidade de Saint-Etienne ; foi executada com uma altura de 29 metros dando-lhe a secção requerida para se reservar a possibilidade de aumentar mais tarde esta altura para 54 metros.

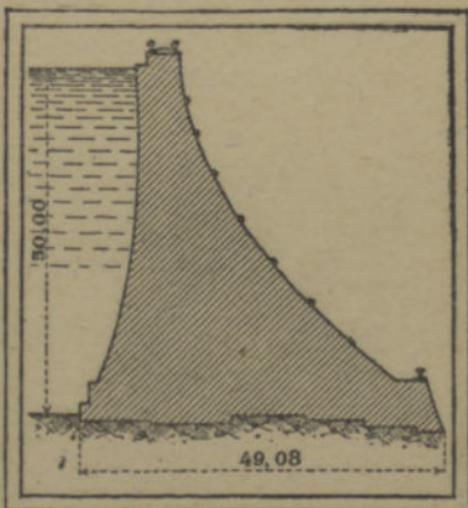


Fig. 63. — Barragem do Precipicio do Inferno.

É para notar que quasi tôdas estas barragens são igualmente construídas segundo um arco de círculo cuja convexidade é virada para montante, o que aumenta a sua resistência em virtude de trabalharem como uma abóbada.

A forma geral das barragens estrangeiras de alvenaria é sensivelmente a mesma nos diversos países, pelo menos depois da execução das barragens do tipo francês, de que a do Gôlfo do Inferno foi o primeiro modelo.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Na Inglaterra, as mais notáveis são a barragem de Wyrnwy e a de Thirlmere. A primeira, construída para alimentação da cidade de Liverpool, criou uma reserva de 55 milhões de metros cúbicos com uma retenção de 25^m,60 somente, bem que a sua altura fôsse de 39^m,34; o seu desenvolvimento em corôa é de 355 metros. Serve de descarregador em todo o seu comprimento. A segunda, perto de

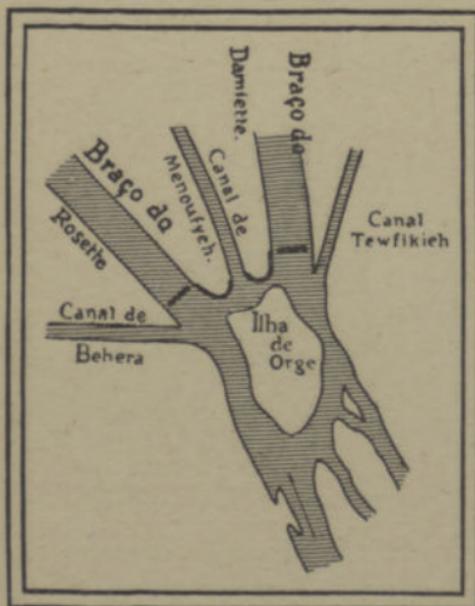


Fig. 64. — Vista em planta das barragens do Nilo.

Manchester, é notável pela profundidade das suas fundações, que atingem 17^m,84 para uma altura total de 34^m,67; é formada de betão no qual se mergulharam grandes blocos naturais.

A mais alta barragem da Alemanha é a de Urft, que criou uma retenção de 50^m,50 e uma reserva de 45 milhões e meio de metros cúbicos. A sua altura é de 58 metros, a sua largura de 5^m,50 no vértice e 55 metros na base e um comprimento de 226 metros na corôa.

A cidade de Génova é alimentada pela barragem de Lagolungo, cuja altura é de 43 metros e que cria uma retenção de 6.500.000 metros cúbicos.

A barragem de El-Vilar, na Espanha, construída em 1870 para alimentação da cidade de Madrid, aproxima-se muito do tipo da de Furens; tem 51^m,40 de altura, 135 metros de comprimento em corôa, e mantém uma reserva de 2 milhões de metros cúbicos.

A mais alta barragem da Espanha, e provavelmente da

Europa, é a de Tremp, na província de Barcelona. O seu perfil é igualmente do tipo francês: tem 84 metros de altura, 4 metros de espessura no vértice, 69^m.66 na base e 209 metros de comprimento em coroa. Um descarregador de 82 metros de comprimento que se lhe segue comporta sete tramos obturados por adufas automáticas de 10 metros de comprimento e 6 metros de altura.

No Egipto, construiu-se uma série de barragens muito importantes sôbre as quais vamos dizer algumas palavras.

Todos os anos, o Nilo deposita sôbre os terrenos que submerge qualquer coisa como 40 milhões de toneladas de matérias sólidas; o delta é por assim dizer formado destas aluviões; por outro lado, as entradas ou barragens naturais que dividem o curso do Nilo numa série de patamares foram corroídas; as passagens das quedas alargaram-se, diminuindo assim a altura das retenções. De maneira que por estas duas causas, o deserto invade de cada vez mais os terrenos outrora duma grande fertilidade.

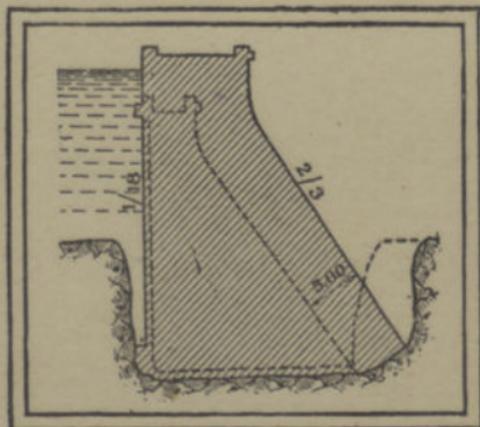


Fig. 65. — Perfil corrente da barragem de Assuan, secção cheia.

O primeiro grande projecto executado para restituir à agricultura as terras que se tinham tornado incultas foi a barragem do Delta (fig. 64). É uma obra imponente e majestosa, que se compõe de duas partes. Sôbre o ramo da Rosette, a barragem mede 522^m.20 de comprimento, compreendendo setenta e um arcos com sessenta e oito adufas e uma eclusa em cada extremidade. Sôbre o ramo de Damietta, a barragem tem 452^m.30 de comprimento, com-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

porta sessenta e um arcos com cinquenta e oito adufas e duas eclusas. Ambas são reunidos por um cais semi-circular cortado por uma éclusa sôbre o canal de Menoufyeh.

No médio Egípto, foram elevadas em seguida a barragem de Assyout, de 825 metros de comprimento e 12^m,50 de altura e, mais recentemente, a de Esneh, a 1.035 quilômetros do mar, que tem 882 metros de comprimento e comporta cento e vinte aquedutos de 5 metros de largura assim como uma eclusa.

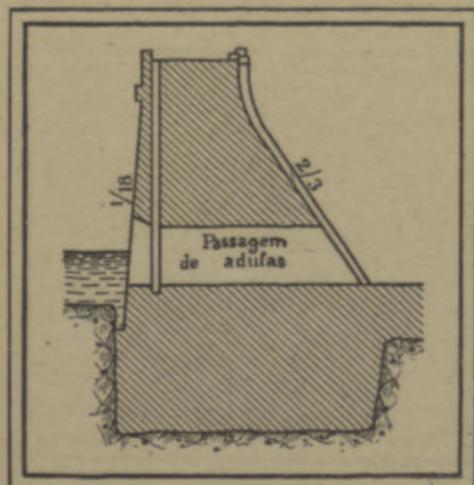


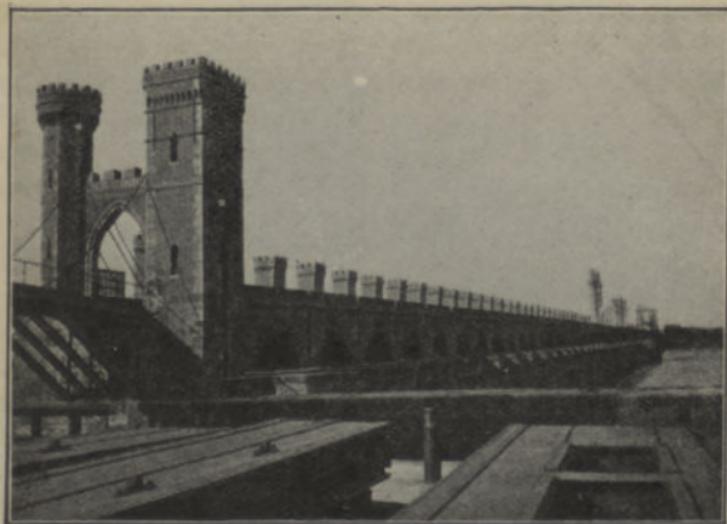
Fig. 66. — Barragem de Assuan com postigos com adufas.

A de Assuan retem o *record* do mundo pela sua extensão (fig. 65). Constitue uma reserva de água de 2.300 milhões de metros cúbicos destinados à irrigação do médio Egípto e desenvolve-se sôbre 1.950 metros de comprimento. Durante as cheias do rio, deixa passar as águas limosas e fertilizantes e retem

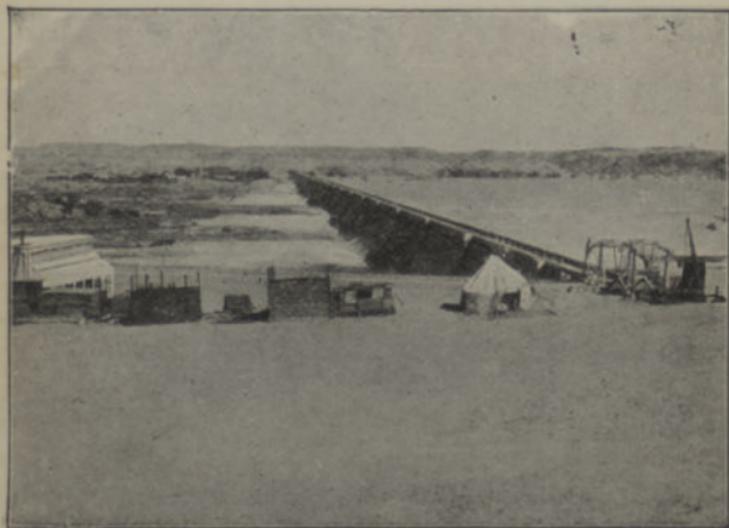
em seguida as águas claras e superabundantes para as restituir à irrigação durante os períodos de estiagem.

Foi construída de 1898 a 1902, com uma altura de 19 metros acima do leito médio do rio; compreendidas as fundações, esta altura é de 31 metros. De 1907 a 1912, foi aumentada de 5 metros e reforçada de 5 metros a jusante como indica a nossa figura; o nível da retenção pôde assim ser aumentado de 7 metros.

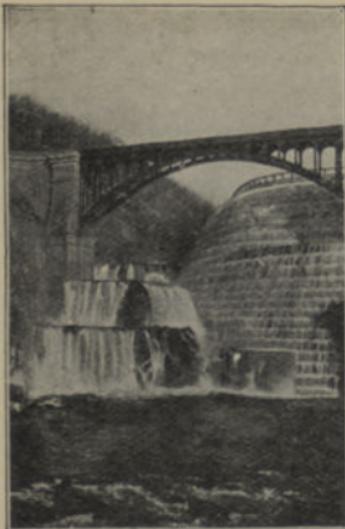
A barragem comporta duas secções diferentes: uma, plena, de 550 metros de comprimento sôbre a margem direita, outra de 1.400 metros, comportando cento e oitenta postigos de 2 metros. Os postigos são divididos por grupos



BARRAGEM DO NILO



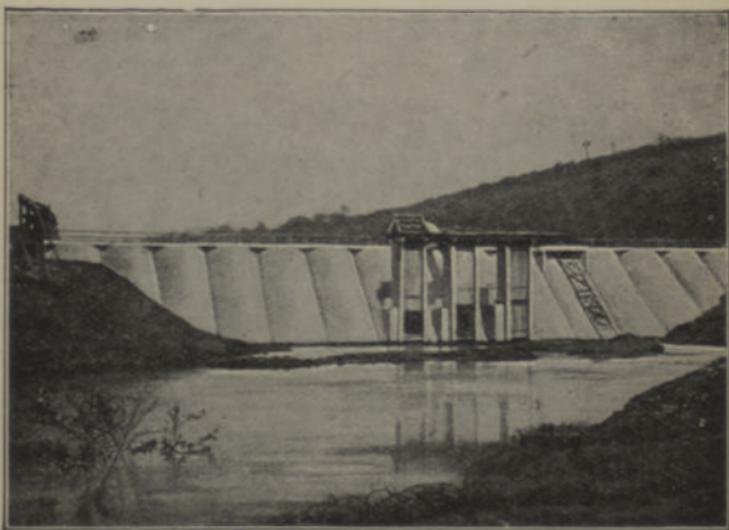
BARRAGEM DE ASSUAN



BARRAGEM DE CROTON
(ESTADOS-UNIDOS)



BARRAGEM BOISE (Idaho)
(ESTADOS-UNIDOS)



BARRAGEM DE BELLE-ISLE-EN-TERRE

de dez, tendo respectivamente as suas entradas a 13 metros, 17 metros, 21 metros e 25^m,50 abaixo do nível regulamentar. Para as duas primeiras séries, as alturas são de 3^m,50 e de 7 metros para as outras. Cento e trinta postigos são munidos de adufas Stiney e os outros cinqüenta de adufas vulgares que retêm ou deixam passar as águas segundo as circunstâncias (fig. 66).

A construção é em granito e argamassa de cimento com paramentos de pedras de alvenaria esquadriada; repousa completamente sôbre o rochedo.

Acrescentemos finalmente que a barragem comporta igualmente eclusas de navegação.

Na América, e muito especialmente nos Estados Unidos, as barragens importantes de alvenaria ou betão de cimento são muito numerosas. Sòmente assinalaremos as mais importantes, entre as quais figura em primeiro lugar a de Croton (fig. 67), construída de 1892 a 1906 para o serviço da cidade de Nova-York. Esta obra foi, num determinado momento, a mais alta do mundo, com 90^m,52 entre a base das fundações e a crista. Todavia, a altura de retenção é só de 45^m,70, as fundações foram descidas muito profundamente para atingir o rochedo incompressível. O seu comprimento total, compreendido o descarregador, é de 700 metros e a largura atinge 62^m,79 nas fundações. Foi, ela também,

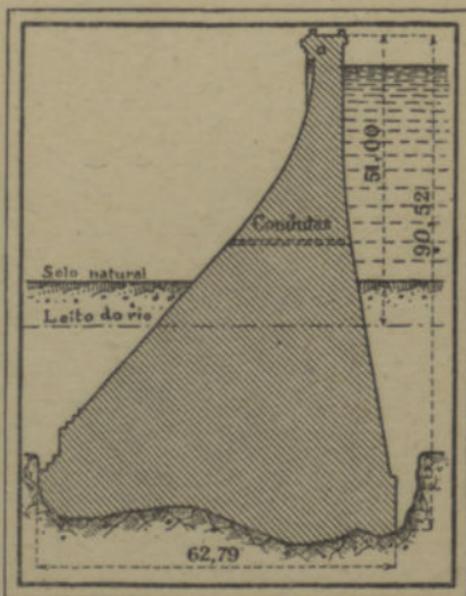


Fig. 67. — Barragem de Croton.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

executada em alvenaria de granito com paramentos de grandes pedras de alvenaria. A sua reserva é de 122 milhões de metros cúbicos.

A barragem de Roosevelt foi construída de 1905 a 1911, sobre o Salt River, no Arizona, para um serviço de irrigação de perto de 100.000 hectares. Cria uma reserva de cerca de 1.560 milhões de metros cúbicos. A sua altura máxima é

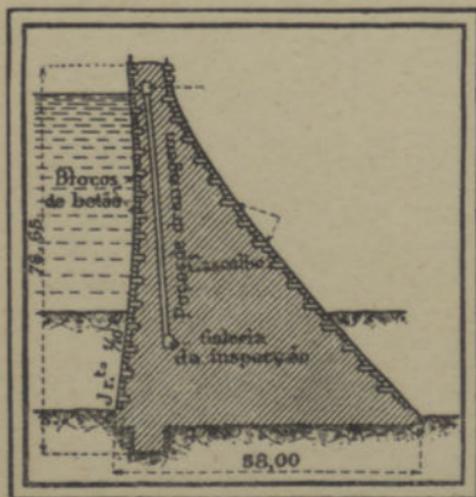


Fig. 68. — Barragem de Ashokan.

(fig. 68). Faz parte, mais especialmente sob o nome de barragem de Olive Bridge, de diferentes obras de retenção realizando o lago artificial de Ashokan, a 132 quilómetros em linha recta da cidade, à qual está ligada pelo aqueduto de Catskill. Ocupa, sobre 335 metros de comprimento, a parte central duma grande barragem de 1.600 metros em linha recta, cujas duas extremidades são constituídas por uma linha mista. A altura é de 76^m,65, dos quais 64 metros acima do solo com 58 metros de espessura na base e 8 metros no vértice para a passagem duma estrada. A reserva é de cerca de 528 milhões de metros cúbicos.

A barragem de Elephant Butte ou de Engle (Novo México) foi construída em 1916 para assegurar, como a de Roosevelt, um importante serviço de irrigação e o de uma

fábrica hidro-eléctrica. Tem $80^m,50$ de altura máxima, $5^m,48$ de espessura no vértice e $71^m,65$ na base. O seu comprimento é de 366 metros, aos quais se juntam 90 metros para o descarregador. Cria uma reserva de 3.250 milhões de metros cúbicos tendo uma superfície de água de 17.000 hectares (fig. 69).

Quando uma barragem é estabelecida numa garganta estreita, pode-se construir como uma abóbada; possui então uma grande resistência e pode dar-se-lhe uma espessura bem menor do que se fosse rectilínea. É o caso da barragem da cidade de Aix-en-Provence, construída em 1840, e a de Shoshone sobre o Shoshone River, que tem $100^m,10$ de altura. É sem dúvida a mais alta do mundo.

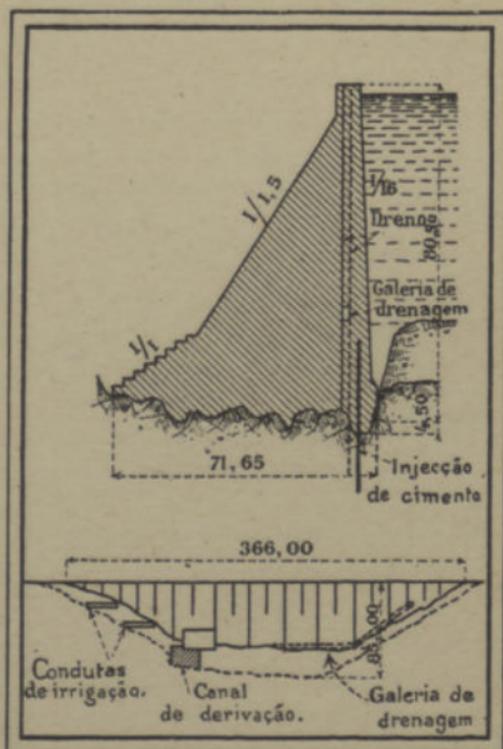


Fig. 69. — Barragem de Elephant Butte.

AS BARRAGENS-DESCARREGADORES. ❖❖ Construídas igualmente em alvenaria e de alturas muito grandes, o seu papel não é o de constituir reservas, mas sim levantar o nível do rio a-fim-de criar uma queda para as necessidades duma derivação de fábrica.

Há alguns anos para cá constroem-se grandes barragens-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

descarragadores sôbre os rios de grande consumo, ligados a potentes fábricas de que asseguram a marcha. São *barragens-fábricas*. O seu papel é criar uma queda e utilizá-la no local em fôrça motriz. A queda é, geralmente, bastante fraca e variável com o nível do rio; pelo contrário, o consumo utilizado é considerável, embora as fábricas não sejam muito poderosas.

Estas barragens comportam uma série de postigos de escoamento das águas, fechados por poderosas adufas. A uma das nascenças seguem-se, segundo disposições diversamente combinadas, os muros da bacia de carga da fábrica, as construções e o canal de saída. À outra nascença está geralmente ligada uma eclusa de navegação cuja retenção cria o patamar superior. Não há, aliás, linha de demarcação bem nítida entre as barragens-fábricas e as barragens-descarregadores.

Uma das mais importantes barragens-fábricas de França é a de Tuilière, na Dordogne. Cria uma queda de 12 metros e alimenta uma fábrica de 21.000 cavalos. A barragem tem 105 metros de comprimento total, e comporta oito postigos fechados por adufas.

BARRAGENS DE BETÃO ARMADO. ❖ ❖ Com as suas preciosas qualidades de resistência a todos os esforços e a maleabilidade das suas aplicações, o betão armado devia ocupar um lugar importante na construção das barragens. Graças a êle, tem-se podido dar aos diques de retenção as formas mais diversas.

A barragem da Prêle, no Wyoming, é uma das mais importantes, tem 39^m,62 de altura, 54^m,25 de largura na base e 200 metros de comprimento na crista. Cria uma reserva de 30 milhões de metros cúbicos com evacuação das cheias por um descarregador de 27 metros de comprimento.

A mais importante de tôdas é a que foi estabelecida sôbre o Mississípi, no Estado de Iowa. Faz parte dos trabalhos duma fábrica hidro-eléctrica de 200.000 cavalos. Construída em betão armado, mede 1.410 metros de com-

primento, continua-se por um dique que vem soldar-se sobre a sua extremidade no rio, em ângulo recto. Este dique tem 420 metros de comprimento; nêle está instalada a fábrica hidro-eléctrica e, na base, as canalizações de condução de água e as turbinas. Um molhe de madeira de 840 metros de comprimento protege a fábrica e o dique contra os gelos. Finalmente, é reservada à navegação uma eclusa.

Podem ser consideradas as mais originais soluções. Foi assim que numa barragem do Illinois, o interior da obra se transformou numa galeria com jardim de inverno e cascatas luminosas. Mais particularmente, manifesta-se uma tendência em alojar no interior da própria obra a fábrica hidro-eléctrica para a qual é construída.

Um exemplo desta disposição é-nos fornecido em França pela barragem de Belle-Isle-en-Terre, nas costas do Norte. É de abóbadas múltiplas apoiando-se sobre contrafortes espaçados de 4^m,86. A fábrica ocupa o espaço situado entre cinco contrafortes consecutivos.

A aplicação mais importante dêste género de instalação na Europa, talvez mesmo a do mundo, foi executada na barragem de San Chiara d'Ula, na Sardenha. Tem uma altura de 61 metros e cria uma retenção de 416 milhões de metros cúbicos com um comprimento de 225 metros. É sobrepujada por uma ponte-estrada sobre abóbadas de 12^m,50 de abertura para uma largura de calçada de 6 metros. Os contrafortes são ligados por intermédio de duas séries de arcos dispostos a cerca de 25 a 42 metros de altura respectivamente (fig. 70).

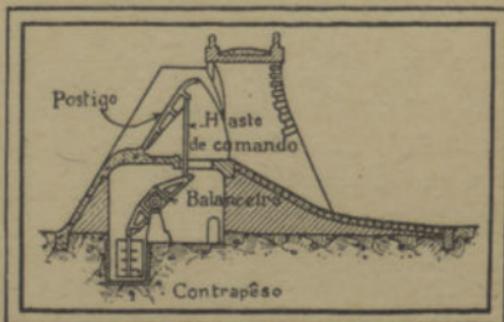


Fig. 70. — Descarregador móvel na barragem de San Chiara d'Ula (Sardenha).

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Nas duas abóbadas vizinhas da margem direita foi instalado um descarregador automático; é constituído por portas basculantes munidas dum dispositivo automático a partir duma determinada altura.

A fábrica ocupa cinco dos intervalos que separam os muros. As máquinas motrizes são colocadas em quatro destes tramos, sendo o quinto reservado aos transformadores e aos trabalhos de distribuição.

BARRAGEM DE GALVESTON. ❖ ❖ A obra mais importante de tôdas as que assinalamos no decurso deste capítulo e que não pertence a nenhum dos tipos descritos é a de Galveston, que liga a ilha do mesmo nome à costa do Texas.

É composta de três partes: duas barragens propriamente ditas de 1.400 e 1.660 metros de comprimento, uma ligada ao continente, a outra à ilha, soldadas por uma ponte em arcos de betão de 742 metros de comprimento. Esta última é aberta ao meio por uma ponte de balsa de 30 metros de comprimento, que pesa 1.300.000 quilogramas e assenta sobre um molhe fundado sobre cento e trinta e duas estacas de 2 metros de altura; o próprio molhe, feito em betão armado, representa um peso de 3.500.000 quilogramas, tanto em betão como em armadura de aço. A ponte de betão toma apoio sobre barragens que assentam sobre o fundo argiloso da baía; cada barragem encerra 1.200 metros cúbicos de betão.

No vértice as duas barragens têm 36 metros de largura e 46^m,20 ao nível do mar. São mantidas por uma dupla fileira de estacas de betão armado enterradas a 1^m,50 no solo; reuniram-se em seguida as estacas numa mesma fileira por espécies de calotas de cimento armado e em seguida as duas fileiras, de 3 em 3 metros, por barras de ancoragem. Depois os intervalos foram cheios de areia e os taludes recobertos de placas de betão de 12 centímetros de espessura, calafetando as juntas com feltro alcatroado.

CAPÍTULO V

Os portos

Definições, generalidades. — Classificação dos portos. — Marselha. — Construção dum dique. — Caixões de betão de cimento. — O Havre. — Bordeaux. — Cherburgo. — Brest. — Londres. — Antuérpia. — Roterdão. — Hamburgo. — Nova-York. — Sidney. — Hong-Kong.

DEFINIÇÕES, GENERALIDADES. ✚ ✚ Um pôrto é um lugar de troca de passageiros e mercadorias entre os meios de transporte marítimos e terrestres. O primeiro dever dum pôrto é pois oferecer uma protecção tam completa quanto possível aos navios contra os ventos e as vagas. Sendo realizada esta condição, equipá-se com os maquinismos de carga e descarga, órgãos de ligação entre os navios e os vagões que as vias terrestres conduzem aos cais.

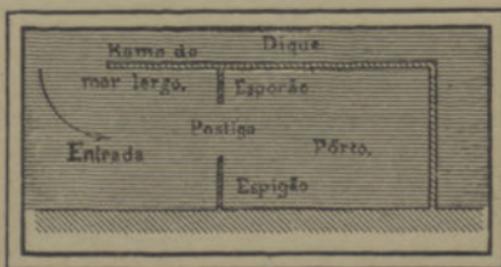


Fig. 71. — Planta dum pôrto numa costa rochosa.

A entrada dum pôrto é disposta de tal maneira que as vagas do mar largo não possam entrar nêl directamente. As figuras 71, 72, 73 mostram as disposições correntes de entrada e de saída dos *ante-portos*. Estes, antecâmaras dos portos, são protegidos, segundo os casos, por obras às quais se dão os nomes de *molhes*, *diques* ou *quebra-mares*.

Os molhes são geralmente sólidas muralhas que avan-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

çam por vezes muito longe pelo mar dentro. Outras vezes o pôrto é como que prolongado por dois molhes, *convergentes* ou *paralelos*, deixando entre si um *canal*.

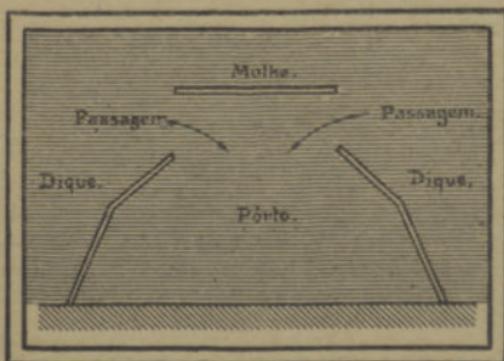


Fig. 72. — Outra planta dum pôrto numa costa rochosa.

Realizam-se assim duas entradas de acesso ao canal. Noutros casos, um único molhe, direito ou curvo, é suficiente para proteger a baía. Estas obras pertencem mais particularmente aos portos estabelecidos sôbre as costas móveis cujas bacias são cavadas no interior das terras como os portos da Mancha, em que muitos molhes são de madeira.

Se os portos são estabelecidos em água profunda em baías largamente abertas aos ventos dominantes, substituem-se os molhes por um ou diversos diques ou quebra-mares sensivelmente paralelos

à costa, sendo as entradas dos portos situadas entre a extremidade do dique e a costa.

Qualquer que seja a situação dum pôrto, a entrada ou

Outras ainda constrôe-se um terceiro muro na frente, que é também denominado *molhe*. Realizam-se assim duas entradas de acesso ao canal. Noutros casos, um único molhe, direito ou curvo, é suficiente para proteger a baía.

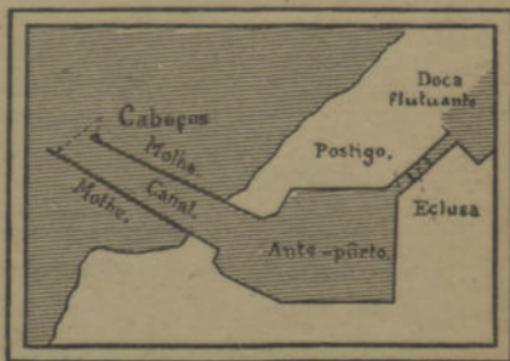


Fig. 73. — Planta dum pôrto num terreno móvel com doca flutuante.

canal dá sempre acesso ao ante-pôrto, ao qual se seguem as *docas*, limitadas pelos cais, em que veem acostar os navios. Se um pôrto é situado sôbre um mar sem maré, basta proteger convenientemente as docas contra a vaga e os ventos e dar-lhe uma profundidade suficiente para que os navios possam carregar e descarregar as suas mercadorias com tôda a segurança. Mas, se a amplitude das marés é importante, torna-se necessário ainda subtrair os navios aos movimentos de subida e descida que elas lhes imporiam. Separam-se então as docas do ante-pôrto por eclusas que deixam penetrar a

água na maré alta e a mantêm pouco mais ou menos ao mesmo nível na maré baixa. As docas tomam então o nome de *docas flutuantes* por opposição às outras que se chamam *docas*

de maré. Quanto aos navios, não podem entrar nas docas de flutuação senão na maré alta, a menos que a eclusa não comporte uma caldeira, na qual são eclusados como num canal.

Como o tempo de eclusagem é bastante grande, é-se algumas vezes obrigado a deixar um certo número de navios nas docas de maré (os portos submetidos à acção das marés têm sempre pelo menos uma doca de maré ao lado das docas flutuantes): neste caso, sobretudo quando se trata de receber grandes paquetes com um calado de água de 10 a 12 metros, cavam-se mais profundamente as ditas docas de maré sôbre uma certa largura, na vizinhança dos muros dos cais onde os paquetes não sofrem o risco de se afundarem.

Os elementos de que acabamos de falar: bacia, ante-portos, docas nem sempre existem em todos os portos.

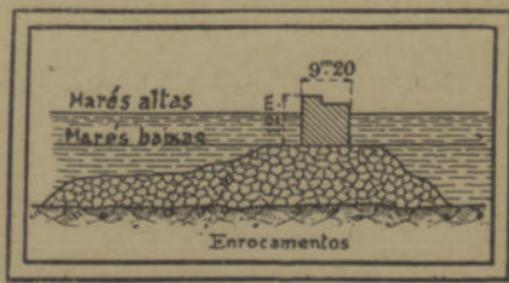


Fig. 74. — Dique de Cherburgo.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Quando o pôrto é situado perto da foz dum rio, esta foz constitue a bacia, e o próprio rio torna-se o ante-pôrto. No Havre, por exemplo, o ante-pôrto desempenha as funções de doca.

CLASSIFICAÇÃO DOS PORTOS. ✚ ✚ Classificam-se geralmente os portos segundo o seu destino : portos de comércio geral, portos de velocidade, portos de pesca, portos de escala, portos de guerra. Esta classificação tinha outrora razão de ser, sendo as características de cada um dêles muito distintas. Já não acontece isso modernamente. Os grandes portos, têm com efeito, uma tendência a universalizar-se.

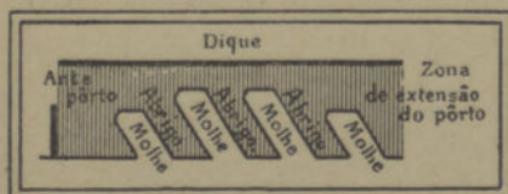


Fig. 75. — Pôrto numa costa rochosa.

É assim que Bolonha, o primeiro pôrto de pesca francês, é também um importante pôrto de escala e de comércio. O Havre, Marselha, gran-

des portos de comércio, tornaram-se grandes portos de velocidade capazes, em caso de necessidade, de se adaptarem a fins militares.

Parece preferível classificá-los, segundo a natureza da localização, em *portos de maré* e *portos sem maré*. Feito isto, consideraremos que existem portos em *bacias naturais*, estabelecidos em lugares em que existe uma superfície de água suficientemente vasta e já abrigada, pelo menos em parte, pela configuração do solo. Os estuários dos rios são excelentes bacias naturais. Quando uma bacia é bem abrigada, quer ela seja protegida por uma ilha ou uma cintura de ilhotas (La Pallice, Hong-Kong, Nova-York), ou constituída por uma baía profunda comunicando com o mar por uma passagem estreita (Brest, Rio de Janeiro, Sydney), denomina-se *fechada*. Se, pelo contrário, é pouco abrigada, denomina-se *bacia aberta* (Havre, Saint-Nazaire, Marselha).



Neste último caso, é-se obrigado a completar a obra da natureza pela instalação duma *bacia artificial*, por meio de obras de protecção. Um dos melhores exemplos desta instalação é o da bacia de Cherburgo.

Os portos de bacia natural compreendem portos sôbre *costas rochosas* (fig. 75), nas quais, sendo as grandes profundidades perto da costa, não há a temer o assoreamento ou o depósito dos lódos, e portos

sôbre *costas movediças* (fig. 76) [praias de areia, lagunas] que assoriam rapidamente e necessitam a construção de compridos molhes para proteger o canal de acesso, o que

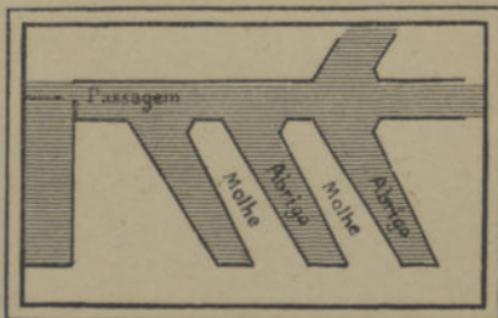


Fig. 76. — Docas cavadas em terreno móvel, comprimento de 1.000 a 1.200 m., largura de 100 a 120 m.

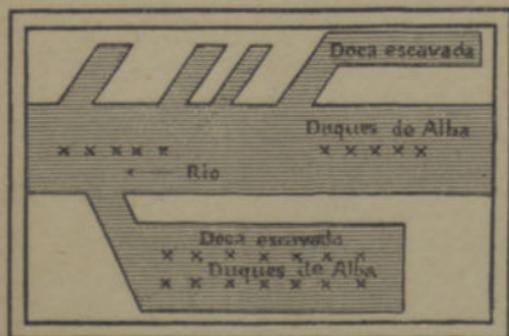


Fig. 77. — Esquema dum porto fluvial.

não afasta, aliás, a obrigação de proceder a dragagens dêste canal.

É-se obrigado algumas vezes, pela configuração do terreno, a estabelecer os portos em *atêrro*, com bacias construídas a jusante da margem e delimitadas por

terraplenos obtidos, pelo menos em parte, por meio de aterros especiais.

Quanto aos portos denominados *fluviaes* (fig. 77), são a maior parte das vezes estabelecidos no ponto em que a

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

maré deixa de se fazer sentir ; as ribas são providas de cais rectilíneos, cavando-se docas nas margens. A troca de mercadorias entre os lanchões e os navios pode mesmo fazer-se sem que estes tenham de acostar aos cais: dispõem-se no rio ou no meio de vastas docas, pilares de amarragem (*duques de Alba*), ao longo dos quais veem estacionar os navios e os peniches. São feixes de fortes estacas fixadas no fundo do rio ou das docas e sòlidamente ligados.

Estas poucas noções permitir-nos-ão compreender as explicações que vão seguir-se sôbre alguns dos maiores portos do mundo.

MARSELHA. ❖ ❖ Até ao meado do último século, o pôrto de Marselha era representado por uma doca de 890 metros de largura, estabelecida numa angra natural bem fechada. Esta doca tornou-se o Velho Pôrto, duma profundidade de 6 metros, freqüentado sòmente por veleiros, rebocadores e pequenas embarcações de cabotagem (fig. 78).

A construção do pôrto moderno data de 1844 : é o tipo do pôrto de mar sem maré estabelecido sôbre costa rochosa. Um dique do comprimento de 4.143 metros, paralelo à costa, e situado a cêrca de 400 metros no mar, separa do mar o ante-pôrto e tôdas as docas. O ante-pôrto tem 200 metros de comprimento ; é seguido da doca da *Joliette* ao qual é ligada por um postigo de 70 metros de largura ; a sua superfície de 22 hectarês, é limitada por 2.180 metros de cais, e a profundidade varia de 6 a 12 metros. Depois, sem interrupção por assim dizer, foi prosseguida a construção das docas de *Lazaret* e do *Arenc*, que constituíam antes dois abrigos separados por um molhe (*Lazaret*) com a largura de 130 metros. A doca do *Lazaret* tem 130 metros de comprimento ; a de *Arenc* é de forma trapezoidal ; as profundidades variam de 7 a 13 metros numa e noutra doca.

O molhe do *Arenc* separa esta última doca da da *Gare maritime*, aberta em 1859, dividida em dois abrigos ; o seu

comprimento varia de 6 a 15 metros ; os seus cais têm um desenvolvimento de 2 quilómetros.

O *molhe do Abattoir*, com a largura de 120 metros, separa-o da doca *Nacional*, aberta em 1863 e ampliada em 1874. Mede 920 metros de comprimento para uma superfície de água de 41 hectares e uma profundidade de 6 a 20 metros ; é dividida em quatro abrigos por três molhes, e os seus cais têm um desenvolvimento de 3.760 metros. O *molhe do Pi-*

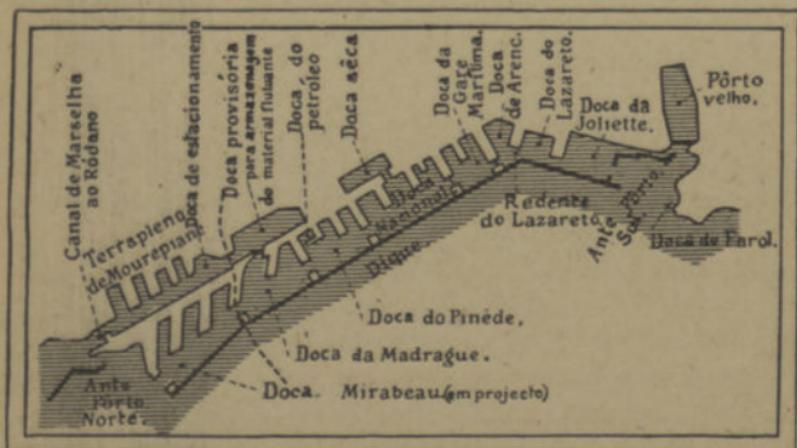


Fig. 78. — Pôrto de Marselha.

nède, de 80 a 100 metros de largura, separa-o da doca do mesmo nome, construída em 1897, do comprimento de 600 metros e provida igualmente de dois molhes de 100 metros de largura. O abrigo de Oeste é utilizado para a manipulação do petróleo. As profundidades variam de 8^m,50 a 20 metros, e os cais têm um desenvolvimento de 2.786 metros dos quais 840 ao longo do dique. Até 1912, o pôrto de Marselha findava lá, fechado pelo abrigo da *Madraga* ; o dique foi então prolongado de 550 metros para formar um segundo ante-pôrto com o qual a doca de Pinède comunica por um postigo de 100 metros de largura.

Na *doca Nacional* abre-se uma doca de reparações com a qual comunicam sete espécies de docas sêcas ; uma *doca*

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

para guardar o material flutuante foi igualmente aberta sôbre o ante-pôrto Norte (actualmente *doca da Madrague*). Antes da guerra, o pôrto de Marselha tinha assim uma superfície de água de cêrca de 200 hectares e um desenvolvimento de cais de 21 quilómetros, dos quais sòmente 13 utilizáveis. O tráfego anual era de cêrca de 510 toneladas por metro de cais ; mas atingia 700 toneladas nas docas de Arenc e do Lazaret e mais de 900 toneladas na doca da Joliette.

Infelizmente, o pôrto apresentava uma disposição defeituosa : os molhes perpendiculares à linha de margem, obrigavam ao emprego de placas girantes (fig. 79) para efectuar a ligação das vias férreas do cais, disposição incompatível com a

marcha rápida das mercadorias. Em seguida sobreveio a guerra. Marselha teve de se encarregar de importantes transportes militares. Esta circunstância obrigou a activar rapidamente os trabalhos de execução do grande projecto de ampliação aprovado em 1909.

O ante-pôrto Norte tornou-se a *doca de Madraga*. É limitado a oeste pelo *molhe do cabo Janet* e dividido em dois abrigos por um segundo molhe ; os cais têm um desenvolvimento de 2.584 metros e aceitam para acostagem navios de 12 metros de calado. Os molhes, oblíquos, permitem a supressão das placas girantes.

Fig. 79. — Comparação no ponto de vista da exploração por vias férreas, entre os molhes perpendiculares aos cais e os molhes dispostos obliquamente.

Simultaneamente, o acabamento do canal de Marselha no Ródano e a instalação do Ródano navegável, favorecendo o desenvolvimento do tráfego fluvial, contribuíram para aumentar o movimento do pôrto. O novo canal comunica com o pôrto pela *doca de Estacionamento*, que se abre na doca da Madraga. Procedeu-se igualmente ao aprofundamento de tôdas as antigas docas, ao estabelecimento de novas docas sêcas de 250 e 300 metros de comprimento e mesmo ao aperfeiçoamento do Velho Pôrto.

Tudo isto se tornou insuficiente. Foi preciso prever a

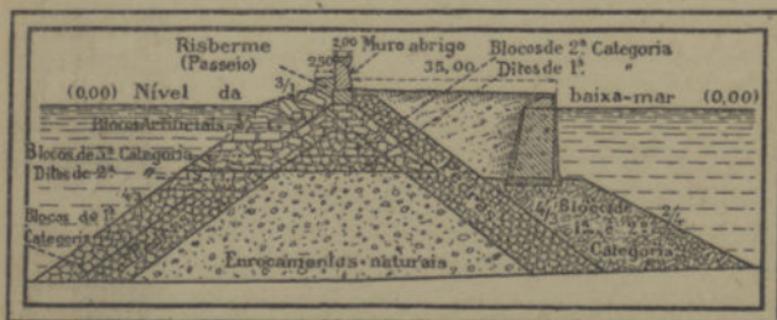


Fig. 80. — Perfil transversal tipo do dique exterior.

criação duma nova doca, cujos trabalhos ainda não foram principiados. É a *doca de Mirabeau*, destinada a receber os paquetes de 300 metros de comprimento e de 12 metros de calado. Um molhe oblíquo a dividirá em dois abrigos; terá uma superfície de 43 hectares, 3.760 metros de cais, 13 metros de calado no pôrto e 2.140 metros de cais de 9 metros de calado no canal. A superfície dos terraplenos será de 38 ha. 70. Finalmente o dique, prolongado de 1.310 metros, formará um novo ante-pôrto Norte.

Tôdas estas obras são extremamente importantes e agrupam entre os grandes cometimentos modernos. Consideremos pois um pouco a construção do dique da doca de Madraga, recentemente concluída (fig. 80).

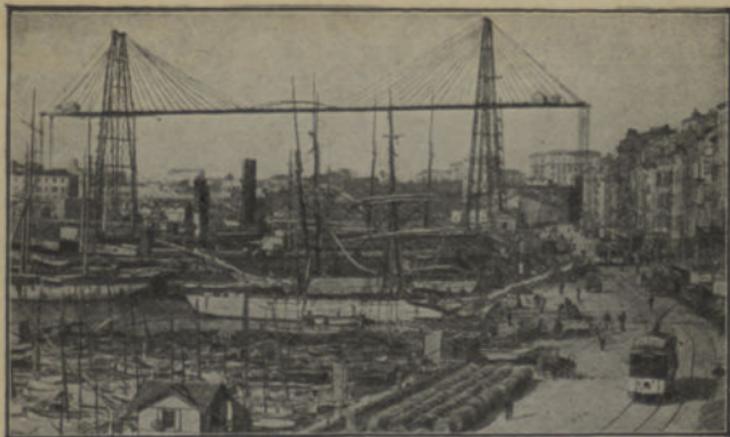
OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

CONSTRUÇÃO DUM DIQUE. ❖ ❖ O dique foi construído para 30 metros de fundo sem desenrocamento prévio. Deitaram-se pura e simplesmente, no local designado, os materiais que lhe constituem a ossatura principal, respeitando a ordem das dimensões seguintes : *pedras soltas e detritos das pedreiras*, que constituem a base e cujo pêso unitário é inferior a 3 quilógramas ; *pedras de alvenaria*, pesando de 3 a 100 quilogramas ; *blocos de primeira categoria*, pesando de 100 a 1.300 quilogramas ; *blocos de segunda categoria*, pesando de 1.300 a 3.900 quilogramas ; *blocos de terceira categoria*, pesando mais de 3.900 quilogramas. Sôbre estes últimos e ao nível das águas livres, a protecção do dique é assegurada por blocos de alvenaria artificial de 14 metros cúbicos.

Os pequenos blocos são lançados ao mar por meio de barcos de válvulas fechando aberturas por meio das quais se deitam. Estes barcos lembram os dos célebres afogamentos trágicos de Nantes durante o Terror. Os outros blocos são imersos por meio de lanchões especiais que os largam no lugar requerido. A operação é muito original.

O batelão comporta, num dos flancos, no interior da querena, uma caixa de água que se abre quando chega ao ponto de imersão. A introdução da água dá ao batelão uma inclinação que se compensa trazendo ao bordo oposto da ponte dois ou três dos maiores blocos, tam perto quanto possível, da posição de equilíbrio instável. À voz de comando, os marujos precipitam no mar estes grandes blocos por meio de grandes pinças servindo de alavancas. O equilíbrio do batelão é brusca-mente rompido ; êste efectua então um movimento de bácia muito pronunciado, que precipita no mar os restantes blocos.

O dique eleva-se abaixo do mar por um muro-abrigo detrás do qual se alarga o cais de desembarque. A figura 80 mostra a disposição geral dos diversos elementos que a constituem ; nós só nos ocuparemos da construção do muro



O VELHO MARSELHA E A PONTE TRANSBORDADORA



Mergulhamento dum caixão por enchimento de água.



Enscadeira metálica para a construção dos caixões.



Batelão carregado de blocos de pedra.



Batelão deitando o seu carregamento ao mar.



O PÔRTO DO HAVRE



BORDEUS : VISTA DA BACIA TOMADA DA TÔRRE

de cais, cujo paramento vertical, instalado do lado do pôrto, desce até 12 metros abaixo do nível do mar; é construído com caixões (fig. 81).

CAIXÕES DE BETÃO DE CIMENTO. ✚ ✚ Estes caixões de betão de cimento medem $24^m,20$ de comprimento, 13 metros de altura, 9 metros de largura na grande base e $5^m,55$ no vértice. O interior é dividido num certo número de compartimentos por paredes que asseguram a rigidez do bloco. 1.000 metros cúbicos de betão entram nesta construção.

Para moldar estes blocos, teve o empreiteiro de estabelecer uma ensecadeira

metálica de duplas paredes, de dimensões suficientes para a construção simultânea de dois caixões. Esta ensecadeira foi encaçada a uma profundidade de 15 metros em mar calmo enchendo as suas paredes de betão e sobrecarregando-a com diversas fiadas de blocos artificiais de 30 toneladas. Aberta num dos seus lados pequenos, encheu-se primeiramente de água. Para a secar, fechou-se com um batel-porta, espécie de batente de porta de eclusa, convenientemente lastrado para lhe permitir flutuar verticalmente; move-se esta porta introduzindo-lhe água entre as suas paredes, depois aspira-se água da ensecadeira. A pressão exterior, actuando sobre a porta, mantém-na contra os montantes verticais da ensecadeira e assegura a vedação das juntas.

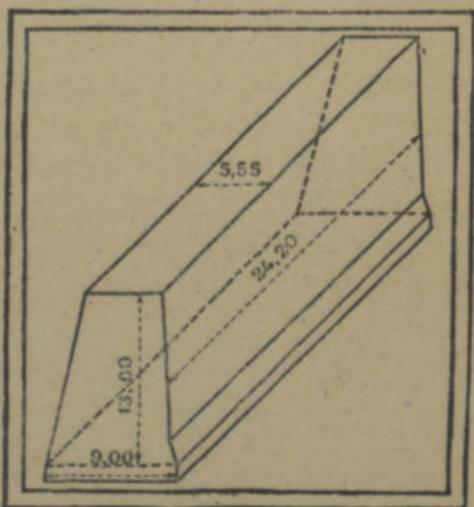


Fig. 81. — *Vista em perspectiva dum caixão.*

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Pôde-se então proceder à construção a sêco dos caixões (fig. 82).

Depois da presa do cimento e da descofragem, deixam-se secar durante diversos meses, e levam-se ao seu lugar definitivo da maneira seguinte :

O batel-porta é provido de aberturas com comportas, que abertas, deixam penetrar a água no interior da ensecadeira. O caixão levanta-se e flutua. Aspira-se a água do batel-porta, que flutua por seu turno e pode ser deslocado para permitir a abertura da ensecadeira. Rebocadores apoderam-se então dos caixões, por mar calmo, e puxam-nos

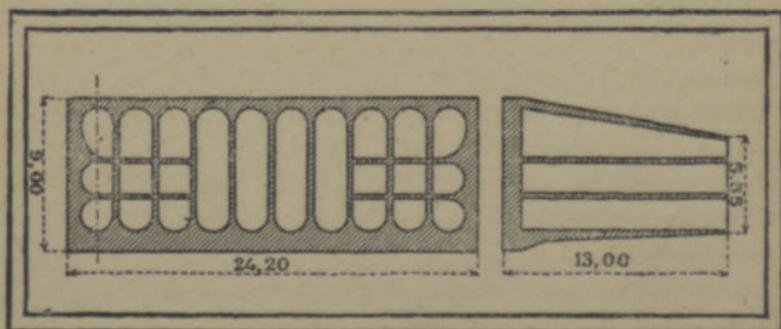


Fig. 82. — *Planta e corte dum caixão.*

até ao local que devem ocupar nas fundações do muro do cais: depois, seguros por amarras, afundam-se enchendo-os de água por meio de bombas potentes, enquanto que um mergulhador vigia a descida sôbre a plataforma nivelada do dique. Depois do afundamento, enchem-se de betão de cal hidráulica por meio de cêstos, que se despejam cuidadosamente nos compartimentos para evitar o deslavoamento do betão pela água que contêm.

Assegura-se o afundamento dêstes blocos sôbre o dique, depois do enchimento, sobrecarregando-os com três fiadas de blocos artificiais de 14 metros cúbicos; esta sobrecarga não é retirada senão no fim de três meses. A junção de dois blocos consecutivos pode então fazer-se empilhando, no intervalo de 1 metro que os separa normalmente um do

outro, sacos de cimento que fazem presa ao contacto da água do mar.

Sobre estes caixões eleva-se em seguida o muro de cais em pedras de alvenaria, suportando um coroamento de pedras de cantaria. Este muro contém, de distância em distância, escadas de mão de salvação e escadas permitindo o acesso às pequenas embarcações; à alvenaria são chumbadas, para a amarração dos barcos, argolas e proizes (amarradoiros de ferro fundido, assemelhando-se a grandes cogumelos). Finalmente aterra-se o intervalo compreendido entre o muro do cais e o muro abrigo para constituir o terrapleno destinado à manutenção das mercadorias. A superfície dêste terrapleno apresenta-se definitivamente sob o aspecto dum calçada empedrada ou calçetada.

Estes trabalhos foram executados por M. Léon Chagnaud, o empreiteiro bem conhecido pela sua travessia do Sena para o Metropolitano, entre a praça Saint-Michel e o Châtelet, de que falaremos num próximo capítulo.

Acrescentemos que a construção do molhe e a dos dois elementos de molhes que limitam, do lado da largura, a doca da Madraga, absorveram 300.000 metros cúbicos de pedras soltas, 350.000 metros cúbicos de pedras de alvenaria, 150.000 metros cúbicos de blocos de primeira categoria, 75.000 metros cúbicos de blocos de terceira categoria, mais 1.200.000 metros cúbicos de pedras soltas provenientes do subterrâneo de Rove, incorporados no dique ou postos em aterro detrás do muro de cais, 3.200 blocos cubizando 45.000 metros cúbicos, finalmente 38 caixões para a construção dos quais se empregaram 35.000 metros cúbicos de betão de cimento e, para o seu enchimento, 55.000 metros cúbicos de cal hidráulica.

Resta-nos dizer algumas palavras da extensão do pôrto de Marselha para o pego de Berre por Port-de-Bouc-Carronte-Martigues, reunidos por um canal marítimo (fig. 83).

O canal, cuja construção prossegue sem desfalecimentos, terá uma largura de 50 metros no fundo e 10 metros de profundidade abaixo do zero hidrográfico. A largura será de

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

120 metros entre as cristas dos taludes. O canal poderá assim receber barcos de 19 metros de largura e de 9 metros de calado.

Por outro lado, o pego de Caronte será transformado num vasto pôrto de tal maneira que Port-de-Bouc e êle constituirão um pôrto único limitado ao Norte por um vasto cais com *gare* marítima e ao Sul por docas sêcas e molhes formando vastos abrigos, dos quais o mais importante terá 1.000 metros de comprimento e 450 metros de largura.

Quando estes trabalhos forem terminados, o grupo ma-

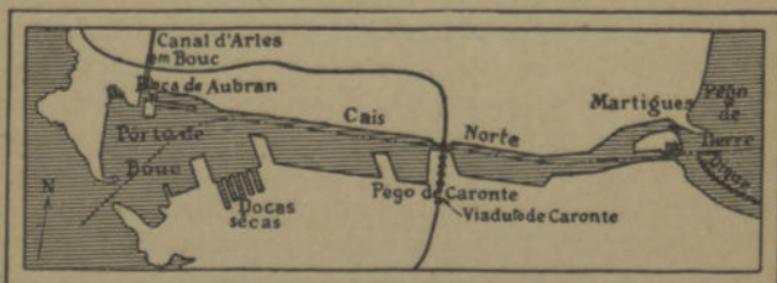


Fig. 83. — Extensão do pôrto de Marselha entre o pego de Berre e o pôrto de Bouc.

rítimo Port-de-Bouc-Caronte-Martigues fornecerá à navegação 140 hectares de superfície de água para ante-portos, 14 quilómetros de cais tendo uma superfície de 250 hectares.

Quanto ao pego de Berre, contentar-se-ão verosimilmente em estabelecer bacias abertas, sem cais, onde os vapores descarregarão as suas mercadorias directamente nos lanchões que as transportarão até à margem para o seu embarque sôbre vagões, ou, mais simplesmente, nas fábricas estabelecidas à volta do pego, cujas margens oferecem todos os recursos com o seu desenvolvimento de 78 quilómetros.

O HAVRE. ❖ ❖ É um pôrto artificial estabelecido em ancoradouro pouco abrigado sôbre costa móvel. Criado em 1517 por ordem de Francisco I, foi no comêço

um simples ante-pôrto protegido por dois molhes embrionários. O molhe Norte teve de ser continuamente alongado para lutar contra a invasão dos seixos rolados arrancados aos fraguados da Hève e do País de Caux.

A *doca do Rei* foi por Richelieu mandada perfurar em 1628 e, em 1667, separou-se do pôrto por meio duma eclusa para lhe fazer uma doca flutuante. Em 1792 criou-se a *doca do Comércio*, ampliada em 1834 ao mesmo tempo que a *doca da Barra*. A do Comércio tem 562 metros de comprimento, 96 metros de largura e um desenvolvimento de cais de 1.235 metros com 2 ha. 70 de terraplenos. A da Barra tem 450 metros de comprimento, 5 ha. 10 de superfície de água, 400 metros de cais e 3 hectares de terraplenos; comunica com o ante-pôrto por uma eclusa sem caldeira e serve de lugar de escala aos paquetes do serviço postal entre a França e a América. A *doca de Eure* entrou ao serviço em 1855: tem uma superfície de 21 ha. 30, 1.940 metros de cais, 7 ha. 33 de terraplenos. A *doca de Vauban* foi construída quasi ao mesmo tempo com uma superfície de água de 7 ha. 50, 1.235 metros de cais e 2 ha. 70 de terraplenos. Depois sucessivamente entraram ao serviço, em 1859, a *doca de Dock*, que comunica com a do Eure, com uma superfície de 4 ha. 40, 1.180 metros de cais e 2 ha. 40 de terraplenos; a *doca de Citadelle*, em 1871, dividida em dois abrigos por um molhe, de 6 hectares de superfície de água, 1.165 metros de cais e 4 ha. 10 de terraplenos; no último abrem-se três docas sêcas.

Havendo desde êste momento falta de terrenos, a doca de Bellot será executada sôbre o mar; dividida em duas partes postas sucessivamente ao serviço em 1875 e em 1887, tem uma superfície total de 21 ha. 21, 2.380 metros de cais e 17 ha., 96 de terraplenos. De maneira que, em 1887, o pôrto do Havre compreendia 9 docas de flutuação duma superfície total de 71 ha. 11 com 11.130 metros de cais e 42 ha. 18 de terraplenos, aos quais convém juntar 21 ha. 87 de superfície de água e 1.985 metros de cais para o ante-pôrto e doca de meia maré.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Naquele momento o pôrto apresentava muitas imperfeições : aluviões do Sena ameaçando obstruir o canal orientado para o Sudoeste ; canal tortuoso e impraticável para os navios cujas dimensões aumentam rapidamente ; ausência de eclusa com caldeira que permita a entrada permanente nas docas. Interveio naquela altura um projecto de reconstrução. A antiga entrada desaparece assim como a doca de meia maré ; o molhe Sul é destruido com tôdas as obras à sua rètaguarda ; o molhe Norte não é mais do que um pôsto de sinais. O novo ante-pôrto executado todo sôbre o mar é protegido por dois diques ; o do Norte tem 850 metros de comprimento, o do Sul 875 metros ; a entrada tem 200 metros de largura e o canal 4 quilómetros de comprimento ; a superfície do novo ante-pôrto tem 78 hectares. Do lado do estuário é construído o cais de maré, de 500 metros de comprimento, cavado sôbre todo o seu comprimento a 9 metros abaixo do zero a-fim-de receber os maiores transatlânticos. A doca do Eure é posta em comunicação com o ante-pôrto por uma eclusa com caldeira, a eclusa da Florida, com o comprimento de 241 metros e largura de 30.

O pôrto do Havre pode ser considerado como dividindo-se em três partes : o primeiro ante-pôrto, o segundo ante-pôrto constituindo uma espécie de doca de maré, e as docas. As docas do Rei, do Comércio, da Barra, muito pouco profundas, só servem para os pequenos veleiros, para os navios de passeio e para os barcos de pesca. A margem Norte da doca de Vauban é o lugar de amarração dos carvoeiros. A doca da Citadelle é reservada aos pequenos vapores de cabotagem, torpedeiros, submarinos. A doca do Eure é o domínio dos transatlânticos ; possui tres espécies de docas sêcas. A doca Bellot acolhe os grandes navios mercantes ; no fundo uma pequena doca é reservada ao petróleo.

Depois, o aumento do tráfico e o das dimensões dos navios obrigaram, como em Marselha, ao estabelecimento dum novo plano de extensão cujos trabalhos teriam sido completados em 1919 se não fôsse a guerra (fig. 84). Comportam a

criação duma doca de maré no Sul do ante-pôrto e das docas actuais, à custa dos domínios do Sena e limitadas por diques. Esta doca tem uma superfície de 28 ha. 50, dividida em dois abrigos, o do Norte com um cais de 1.000 metros de comprimento, ladeado, sôbre 100 metros de largura, por um fôssco cavado abaixo do zero das cartas. É limitada por três diques dos quais dois em alvenaria elevados sôbre um envasamento de blocos de betão pesando cada um 83.000

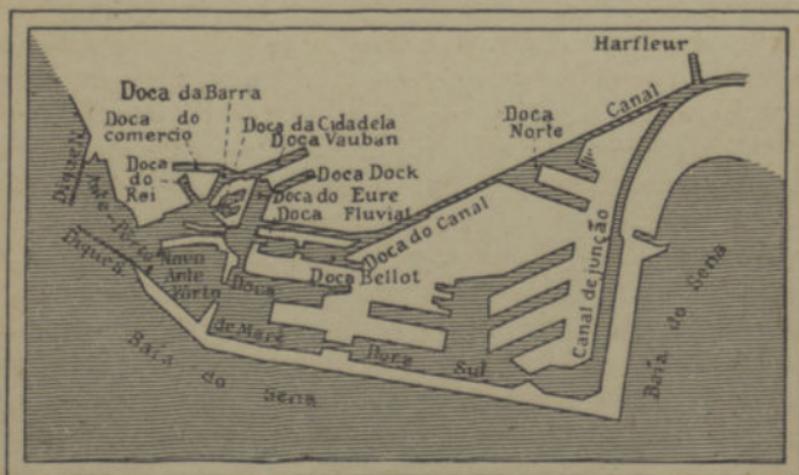


Fig. 84. — Planta do novo porto do Havre.

quilogramas; o outro dique, de Este, que enfrenta o Sena, é feito em madeira e pedras sêcas. Uma doca sêca está em construção na extremidade Este do abrigo Norte; mede 312 metros de comprimento e 38 metros de largura, a maior do mundo construída com caixão metálico com as dimensões da doca. Encara-se, para mais tarde, a construção de duas docas sêcas de 400 e 450 metros de comprimento.

Terminando, observemos que as possibilidades de extensão do pôrto do Havre, no futuro, são ilimitadas, pois que basta remontar o leito do Sena.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

BORDEUS. ✚ ✚ É um tipo de pôrto fluvial cuja falta de profundidade de acesso, que se esforça mpor remediar, tem prejudicado o seu desenvolvimento. Os primeiros cais verticais apareceram em 1844 sôbre a margem esquerda do Garone ; em 1894, atingiam 2.342 metros de comprimento. A primeira doca flutuante data de 1869 ; tem uma superfície de 10 hectares e 1.770 metros de cais ; comunica com o Garone por duas eclusas com caldeiras e possui duas docas sêcas.

Uma segunda bacia flutuante foi posta ao serviço em 1912 ; é ligada à primeira e possui um comprimento de cais de 1.000 metros.

Cais ligeiros, construídos sôbre a margem direita desde 1844, têm actualmente 1.063 metros de comprimento.

Ao mesmo tempo desenvolveram-se os anexos do pôrto : pôrto de barcaagem, que se estende a 2.000 metros a montante da ponte de pedra, reservado a trocas entre a navegação marítima e a navegação interior, recebe sobretudo os navios bacalhoeiros ; Pauillac, que desempenha o papel de ante-pôrto e de pôrto de velocidade para os navios de grande calado ; Bassens, Blaye. Por outro lado, vastos trabalhos foram retardados pela guerra, tais como o acabamento de cinco novos abrigos e duma doca sêca de 225 metros de comprimento, e a construção dum pôrto de escala para transatlânticos em Verdon.

CHERBURGO. ✚ ✚ Cherburgo é uma bacia protegida artificialmente por três diques dispondo de duas entradas entre si; o dique de Este tem 2.500 metros de comprimento, o dique de Oeste tem 1.900 metros e o do centro 3.600 metros.

BREST. ✚ ✚ Brest é uma das mais belas bacias naturais fechadas do mundo ; a sua superfície é de cêrca de 3.000 hectares ; comunica com o mar por um canal natural de 650 metros de largura, separado em dois pela rocha de Maigan. No fundo da bacia, foi instalado um pôrto de comércio dividido em cinco abrigos e protegido por um dique



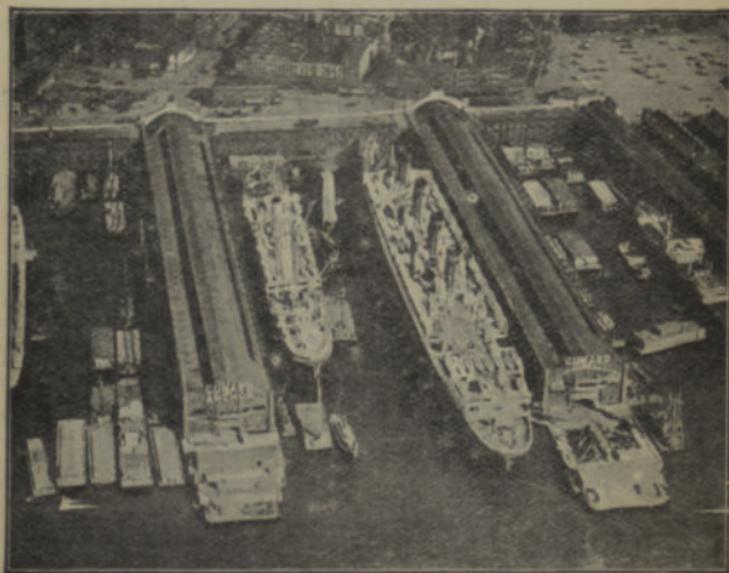
O PÔRTO DE LONDRES
Tipo do pôrto fluvial.



O PÔRTO DE ANTUÉRIA
Pôrto fluvial.



O PÓRTO DE HAMBURGO
Tipo de "porto fluvial."



O PÓRTO DE NOVA-YORK
Pôrto fluvial.

paralelo à costa. A entrada do pôrto militar, estabelecido sôbre o rio Penfeld, muito profunda, é protegida por um dique de 2.100 metros igualmente paralelo à costa e por dois outros mais pequenos de 210 e 600 metros.

LONDRES. ✚ ✚ Londres é, pelo movimento dos navios e mercadorias, o maior pôrto do mundo. É um pôrto

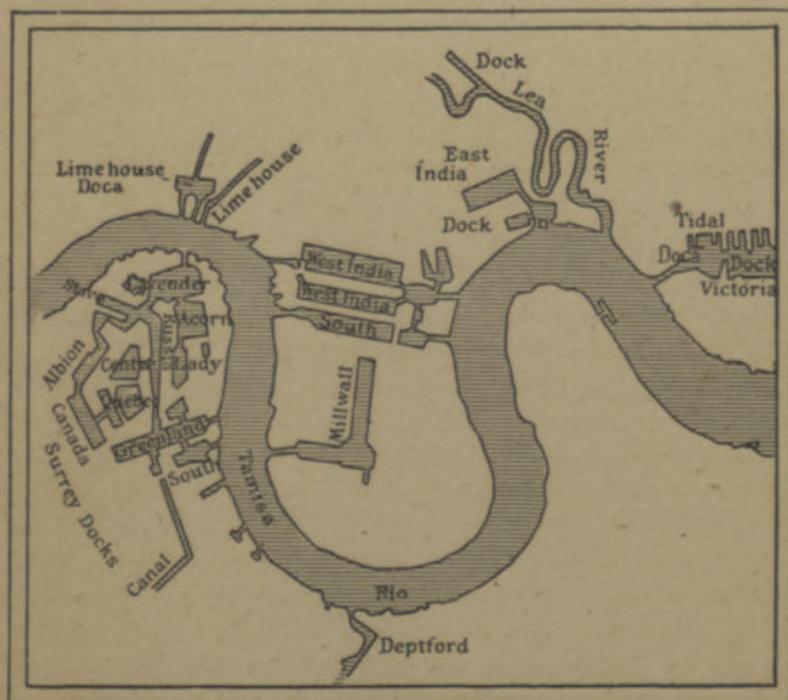


Fig. 85. — Uma parte do pôrto de Londres.

fluvial, mas submetido aos desníveis das marés, cuja amplitude atinge 6^m,30 nas do equinócio.

O pôrto desenvolveu-se sobretudo sôbre a margem esquerda do Tamisa; no entretanto, a primeira doca foi estabelecida em 1660 sôbre a margem direita. Vejamos qual era a sua situação em 1914 (fig. 85).

Partindo de jusante, encontra-se a *Saint-Catherine's*

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Dock (a palavra *dock* significa *doca*) de 5 ha. 65 superfície; as *London Docks* de 15 ha. 7 rodeadas de 45 hectares de armazéns. Sobre a margem direita as *Surrey Commercial Docks* compreendem dezasseis docas, das quais dez reservadas aos cereais e seis ao tráfico das madeiras, comunicando com o Tamisa por quatro eclusas; a sua superfície total é de 76 hectares, e têm 6.200 metros de cais. As *West India Docks*, situadas na península denominada *Isle of Dogs*, comportam três docas, das quais uma, reservada ao tráfico de importação, é denominada *Import Dock*; uma outra, a do meio, reservada à exportação, é denominada *Export Dock*; a sua superfície total é de 39 hectares; são servidas por 63 hectares de terraplenos e providos de armazéns frigoríficos para guardar os *stocks* de carnes congeladas.

As *East India Docks* compreendem três docas de 12 hectares; com as precedentes, têm 9.500 metros de cais; a conservação da sua profundidade exige cada ano a dragagem de 100.000 toneladas de vasa.

Ao sul da península de *Isle of Dog*, abrem-se as *Millwall Docks* em duas docas de 14 ha. 7 com 2.800 metros de cais.

Num cotovelo do Tamisa, em frente de Woolwich, encontram-se as docas *Victoria* e *Albert*; a primeira era, antes da guerra, a maior doca de Londres (900 × 300 metros). A sua superfície é de 33 hectares nela estando incluída a duma pequena doca vizinha, e o seu comprimento de cais utilizável de 6.200 metros. A *Royal Albert Dock* é ligada à primeira e ao Tamisa por uma doca de 6 hectares. Tem 2.500 metros de comprimento e 150 de largura; o seu comprimento de cais é de 4.800 metros. Possui duas docas secas de 153 × 125 metros. Na *Victoria Dock*, encontra-se um ascensor de doca do sistema Clarck, cuja plataforma móvel é levantada por trinta e duas prensas hidráulicas dispostas sobre duas filas. Os terraplenos têm uma superfície total de 182 hectares, dos quais 30 são ocupados por armazéns ou *hangares*. Lá ainda encontramos armazéns frigoríficos duma capacidade de 24.000 metros cúbicos.

Em 1890, foram postos em serviço, a 42 quilómetros a

jusante de Londres, as *Tilburys Docks*, destinadas a receber os maiores navios a tôda a hora da maré. Comportam um ante-pôrto, aberto sôbre o Tamisa, de 8 hectares de superfície, comunicando com as docas por uma eclusa com caldeira de 215 metros de comprimento, 24^m,40 de largura e profundidade de 13^m,40. Duas docas sêcas são dispostas paralelamente à eclusa. A doca comporta três abrigos; a sua superfície total é de 21 hectares, e os cais têm 3.600 metros de desenvolvimento.

Desde 1910, pôs-se em execução um programa de melhoramentos actualmente muito aperfeiçoado. Preocuparam-se, logo de comêço, em regularizar o curso do Tamisa e em levar a profundidade mínima a 9^m,10 até à *Royal Albert Dock*; tôdas as docas foram ampliadas e outras abertas de novo.

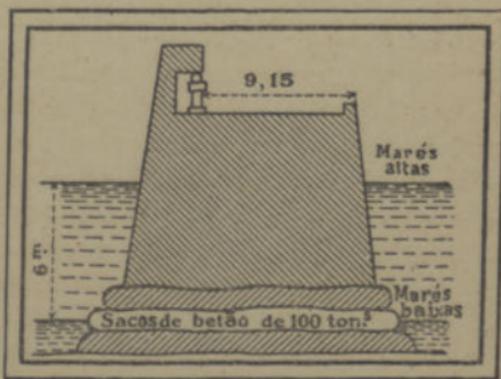


Fig. 86. — Molhe de Newhaven. Tipo de molhe construído sôbre sacos de betão de cimento.

Os trabalhos mais importantes são as da *Royal Albert Dock*, à qual se junta, no Sul, uma doca de 1.372^m,50 de comprimento e de 152^m,50 a 213^m,50 de largura; a sua superfície é de 26 hectares, e pode receber catorze navios dos maiores actualmente em serviço. Comporta sete pontões em cimento armado de 158^m,50 de comprimento que permitem aos lanchões receber directamente as mercadorias dos navios acostando ao interior dos pontões. A Oeste fica igualmente uma doca sêca de 288^m,75 × 30^m,50. Finalmente comunica com o Tamisa por uma eclusa de 14 metros de comprimento, 30^m,50 de largura e 13^m,70 de profundidade, cujo comprimento pode ser ampliado até 276^m,50 pelo emprêgo dum batel-porta.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

ANTUÉRPIA. ❖ ❖ As duas primeiras docas de Antuérpia, que é, também, um pôrto fluvial, foram construídas por ordem de Napoleão I e abertas à navegação em 1811.

Presentemente, as instalações do pôrto compreendem duas partes distintas : dum lado, as docas flutuantes para a navegação marítima, situadas ao Norte da cidade, cuja superfície de água é de 156 hectares com um desenvolvimento de 19.500 metros de cais e, de outro lado, 5.500 metros de cais sôbre o Escalda. As mais importantes das docas são : a *doca de Kattendijk*, com o comprimento de 960 metros, largura de 140 e profundidade de 7^m,18, na qual se abre a *doca au Bois*, de 520^m × 150 e 8^m,38 de profundidade, que comunica ela mesma com a *doca de Campine*, de 350 × 160 metros, e com a *doca de Ásia*, de 610 × 100 metros. A doca de Kattendijk é igualmente ligada por uma pequena doca com a *doca Lefèvre*, de 12 ha. 90 de superfície e com a *doca da América*. Tôdas estas docas têm acesso com o Escalda por intermédio de três eclusas.

A *doca-canal*, posta ao serviço em 1907, serviu de base às recentes ampliações do pôrto. Mede 655 metros de comprimento, 250 metros de largura e a sua profundidade é de 10^m,10. Sôbre ela ligam-se três abrigos que acabam de ser concluídos, tendo os trabalhos sido retardados pela guerra. Trabalha-se no acabamento da doca dos cereais e numa outra doca paralela à doca canal. Infelizmente, as docas não são ainda acessíveis senão pelas docas e eclusas do velho pôrto.

Outrora, o pôrto do petróleo encontrava-se na doca da América, que podia ter em *stock*, em trinta e cinco reservatórios e quatro parques, 78 milhões de litros de petróleo. Hoje, o tráfego do petróleo faz-se por uma instalação especial situada a montante dos cais. Comporta um terra-pleno de 30 hectares de superfície, contendo quarenta reservatórios de petróleo, nove reservados à gasolina, e, mais perto da margem, vinte e dois reservatórios para os óleos pesados. Os navios carregados de petróleo, para a maior parte dos navios-cisternas, acostam contra um pontão de 330 metros de comprimento que pode receber três vapores

ao mesmo tempo. O descarregamento opera-se por esgotamento por bombas.

As instalações destinadas à navegação interior comportam a *doca de Loobræk* que comunica com o canal de Campine; a jusante, estão dispostas paralelamente ao Escalda a *doca dos Bateliers*, a *doca au Charbon* e a *doca aux Briques*.

A dificuldade de acesso às docas congestionou o pôrto

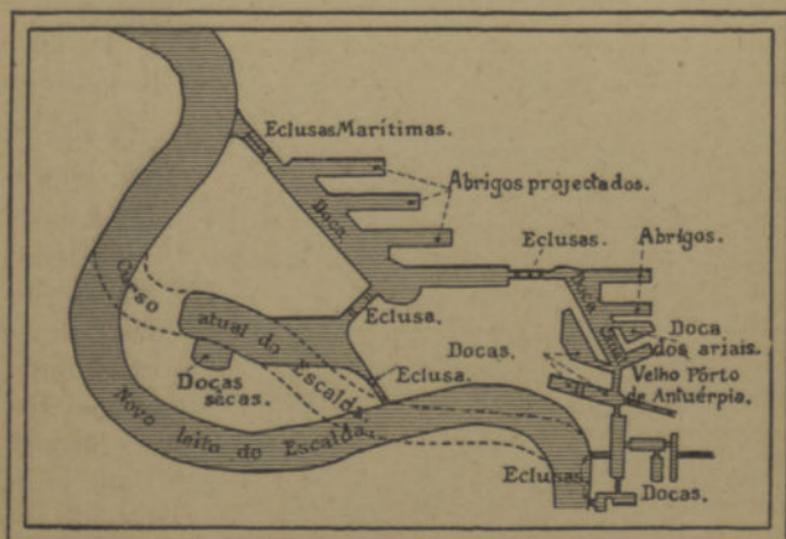


Fig. 87. — Projectos de ampliação do pôrto de Anvers.

de Antuérpia, não podendo os navios estacionar no Escalda para atender a sua vez de acostagem aos cais, porque o rio é muito estreito e sinuoso. As grandes linhas de navegação teriam pois tendência a preferir-lhe o pôrto vizinho de Rotterdam. Foi por isso que foi preparado e começado a executar um vasto projecto de ampliação de que se poderão ver as grandes linhas na figura 87. Este projecto comporta notavelmente um desvio e uma melhoria do curso do Escalda entre Antuérpia e o cotovelo de Kruisschaus, com a criação duma doca-canal de nível na qual se abrirão abrigos gigantescos. Uma parte do antigo leito será igualmente conver-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

tida numa doca imensa na qual se abrirão sete docas sêcas gigantescas.

ROTTERDÃO. ✚ ✚ Rotterdam enfileirou aos lados

de Antuérpia e de Hamburgo depois do desvio do curso do Mosa, nos meados do último século.

Sendo a amplitude da maré de 1^m,31 em média, podem-se estabelecer para a navegação marítima docas abertas comunicando directamente com o Mosa. Como Rotterdam é principalmente um pôrto de transbôrdo no qual os navios descarregam directamente os seus

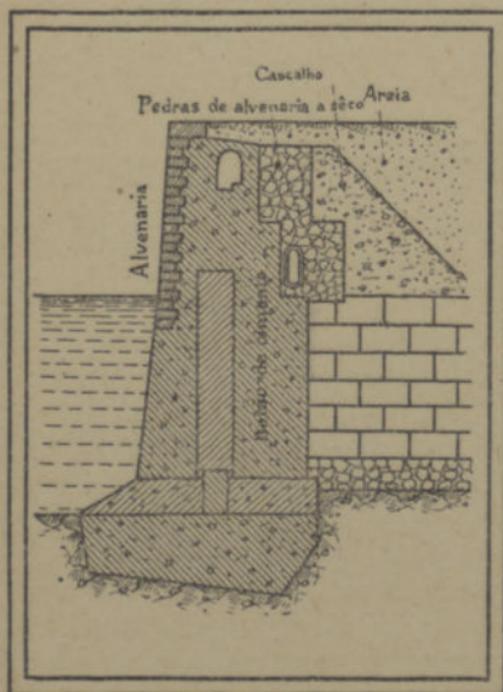


Fig. 88. — Cais do novo pôrto de Anvers.

carregamentos nos lanchões e fazem nas mesmas condições os seus carregamentos, o que não exige a sua colocação nos cais, todo o leito do rio desempenha a mesma função de pôrto quasi como as docas. É assim que entre o limite Oeste da cidade e a ponte Guillaume são dispostas sessenta e duas amarrações podendo servir trinta e um navios (fig. 89).

Existem sôbre a margem direita do Mosa trinta docas tendo uma superfície total de 60 a 65 hectares. Sôbre a margem esquerda há catorze com uma superfície de água de 430 hectares. Juntando-lhe os cais estabelecidos ao longo

do rio e os pontões, a margem direita e a margem esquerda possuem um desenvolvimento de cais com vinte quilómetros cada um.

As velhas docas encontram-se sôbre a margem direita ; de 1907 a 1917 estabeleceram-se algumas novas : *doca do Parc* (440 \times 120 metros) ; *doca Saint-Job* (350 \times 100 metros) ; *doca de Schie* (350 \times 120 metros) ; *docas de Kous*, de *Ijssel*, de *Lek*, de *Keile*.

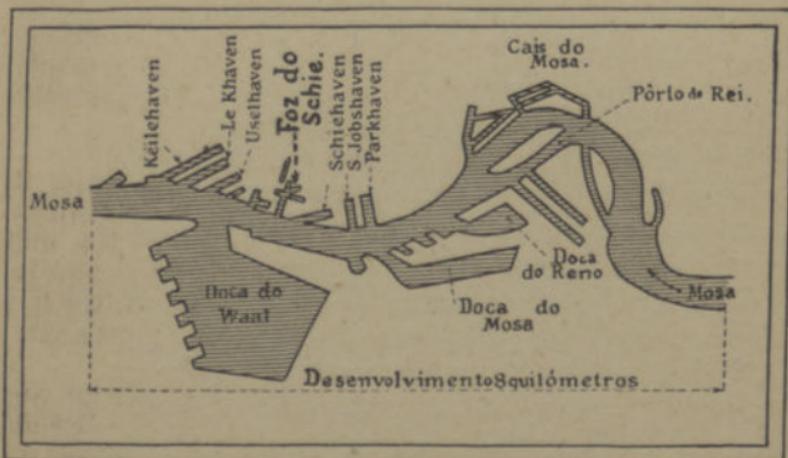


Fig. 89. — *Pôrto de Roterdão.*

A figura mostra a importância das docas da margem esquerda. Assinalemos a *doca de Nassau*, de 600 metros de comprimento e de 50 a 80 metros de largura, marginada de instalações industriais ; a *doca Intérieur*, de 1.000 metros de comprimento e 40 a 80 metros de largura, com a profundidade de 7 metros a 7^m,50 ; a *doca do Entrepôt* ; a *doca Spoorweg*, de 1.000 metros sôbre 115 metros e 8 metros de profundidade, instalada para permitir aos navios descarregar directamente as mercadorias nos vagões e vice-versa ; a *doca do Reno*, de 30 hectares de superfície, profundidade de 7^m,50 a 9 metros, na qual se estabeleceram 19 *duques-de-Alba*, servindo para amarrar 15 navios ; é

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

frequêntada por navios que tomam ou descarregam a sua carga directamente nos barcos do Reno ; a *doca do Mosa*, com a largura de 320 metros, uma superfície de água de 58 hectares e uma profundidade de 8^m,60, que contém 25 pilares de amarração a que podem atracar vinte e dois navios ; finalmente a *doca do Waal*, cuja superfície de água é de 300 hectares.

A parte do pôrto reservada aos petróleos e óleos pesados ocupa cêrca de 1.200 metros de cais sôbre a margem esquerda, e as instalações de *stock* em terra estendem-se sôbre mais de 22 hectares.

HAMBURGO. ❖ ❖ Pôrto fluvial que era, antes da guerra pelo menos, o mais importante da Europa continental (fig. 90). Da mesma maneira que em Roterdão, uma tonelagem enorme de mercadorias é transbordada directamente dos navios para os lanchões ; por esta razão deu-se à maior parte das docas uma grande superfície de água e estabeleceram-se fileiras de pilares de amarração.

O desenvolvimento do pôrto data de 1888, ano em que o Estado hanseático entrou no Zollverein alemão, ficando no entretanto o pôrto livre. O govêrno deu uma subvenção de 50 milhões de marcos para ajudar às despesas do estabelecimento dum pôrto de 984 hectares. Desde então, desenvolve-se com uma rapidez inacreditável. Sôbre a margem direita do Elba, construiu-se a jusante das antigas docas, o *Baakenhafen* (*Hafen* quer dizer, *pôrto*, *doca*), e as docas da margem direita foram rodeadas duma espécie de canal de cintura desembocando no Elba, a montante e a jusante do pôrto, fora dos limites da zona franca e permitindo aos barcos em navegação no Elba passar sem estacionar no pôrto livre.

Estando todo o espaço utilizável da margem direita ocupado, teve de se passar à margem esquerda, onde foi criada a *Segelschiffhafen*, de 1.400 metros de comprimento e 300 metros de largura ; o *Hansahafen*, o *Indiahafen* e a doca do petróleo, que desembocam tôdas no Elba. São rodeadas

por três outras docas reservadas aos batéis, que comunicam entre si e desembocam por um dêles num dos braços do Elba, perto do qual se encontram numerosos estaleiros e oficinas de construções navais. Em 1902, o pôrto de Hamburgo tinha 381 hectares de superfície de água, 15 quilómetros de cais utilizáveis e uma superfície de cais coberta de 270.000 metros quadrados.

Tudo isso tornou-se de-pressa insufficiente; decidiu-se criar ainda novas

docas: a *Kuhwaderhafen*, de 22 hectares; a *Kaiser-Wilhelm-Hafen*, de 22 hectares; a *Elberholzhafen*, de 31 hectares; a *Rosshafen* e uma grande doca para os navios carvoeiros; tôdas desembocam no Elba. Os cais destas bacias são guarnecidos

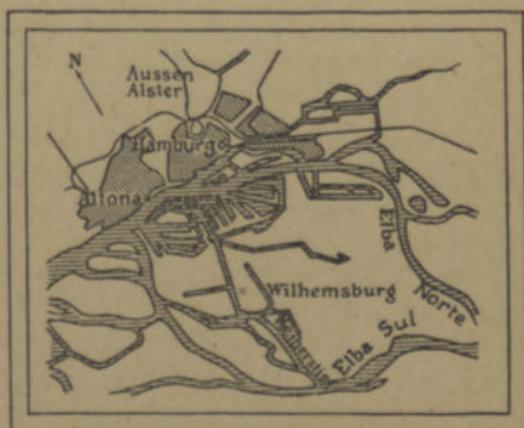


Fig. 90. — Pôrto de Hamburgo.

de quatrocentos *hangares* cobrindo uma superfície de 137.500 metros quadrados. O desenvolvimento total dos cais de Hamburgo ultrapassa 23 quilómetros.

A zona franca, delimitada em 1888, encontrava-se assim completamente ocupada, e no entretanto o pôrto tinha ainda necessidade de se estender. Um acôrdo, estabelecido em 1909 entre Hamburgo e a Prússia, cedeu a Hamburgo novos terrenos a jusante das docas existentes. Imediatamente se elaborou um projecto colossal de engrandecimento, que teve um princípio de execução. Este projecto compreende o estabelecimento duma nova doca de carvão, uma grande doca para o material flutuante, uma outra para a navegação fluvial, uma doca de petróleo destinada a substi-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

tuir a que existe com os terraplenos muito extensos permitindo estabelecer um *stock* de grande capacidade, e finalmente um grande pôrto para os navios de navegação marítima que compreenderá um ante-pôrto com círculo de resguardo (espaço para permitir aos navios evolucionarem sem prejudicar os seus vizinhos), de 500 metros de diâmetro, e três abrigos gigantes, dos quais dois de 300 metros e um de 260 metros de largura. Estes trabalhos principiam em 1912.

O pôrto de Hamburgo é completado, na foz do Elba, pelo de Cuxhaven, que serve de pôrto de abrigo e de velocidade para os grandes paquetes da Companhia Hamburgo-América incapazes de remontar até Hamburgo. Este pôrto, bastante profundo para receber os maiores navios, comporta um ante-pôrto e dois abrigos duma superfície de água de 16 hectares com três quilómetros de cais; possui, por outro lado, uma grande doca sêca e uma *gare* marítima para passageiros.

NOVA-YORK. ❖❖ A situação geográfica de Nova-York, sôbre uma península, numa baía formada pela foz de dois grandes rios, o Hudson e o East River, e protegido por um rosário de ilhas, tem contribuído para fazer dêle o maior pôrto da América e o rival directo de Londres e de Hamburgo na disputa de primeiro pôrto do mundo. A baía de Nova-York e os estuários dos dois rios oferecem à navegação uma das bacias naturais melhor protegidas e cuja superfície atinge 300 quilómetros quadrados (fig. 91).

O pôrto de Nova-York estendeu-se ao princípio sôbre a margem da ilha de Manhattan, banhada pelo Hudson, depois em frente a Hoboken e em seguida sôbre as duas margens do East River, a da ilha de Manhattan e a de Brooklyn; pouco a pouco, sendo todo o espaço ocupado na própria cidade e seus arrabaldes, o pôrto transbordou sôbre tôdas as baías.

Como a amplitude das marés não ultrapassa 1^m,50, as instalações do pôrto foram de preferência conquistadas

aos leitos dos rios. Em certos casos foi preciso, no entretanto, proceder à conquista dos terrenos das margens.

Apresenta um aspecto inteiramente particular. Os cais foram construídos ao longo das margens, e dêstes cais parte um certo número de molhes perpendiculares a elas, deixando entre si pequenos abrigos que não comportam geralmente mais do que um único navio. Estes molhes são constituídos na maior parte por estacas de madeira sólidamente enterradas e ligadas, sobrepuzadas dum soa-lho de betão armado recoberto duma camada de asfalto. Quando apareceram os paquetes gigantes como o *Olympic*, o *Imperator*, etc., foi preciso aumentar os molhes ; mas, como

êles eram estabelecidos sôbre as margens do Hudson, o pôrto tornar-se-ia de-pressa muito estreito. Assim foi decidido estabelecer molhes gigantes na parte Sul de Brooklyn. Os maiores têm 493 metros de comprimento por 45^m,75 de largura.

Quando às docas que se encontram no pôrto de Nova-York, correspondem a necessidades especiais. São docas de grande superfície e fraca profundidade em que se faz o tráfego das madeiras carregadas pelos diferentes rios que desaguam no pôrto.

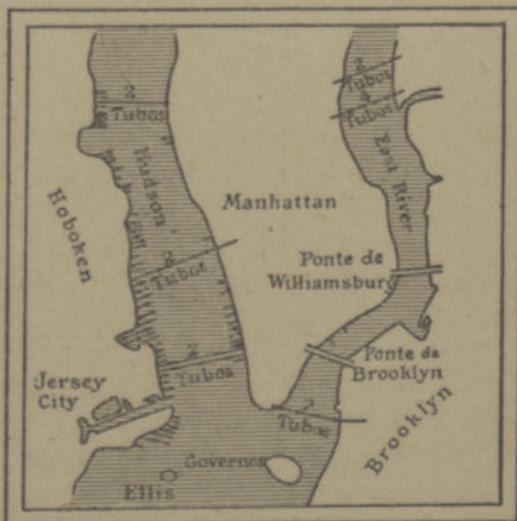


Fig. 91. — Planta de Nova-York, com o seu pôrto e seus túneis.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Em 1910, o movimento do pôrto de Nova-York atinja 25.600.000 toneladas, ultrapassando o de Antuérpia (25.323.843 toneladas) e o de Hamburgo (22.300.000 toneladas).

SYDNEY. ❖ ❖ O pôrto de Sydney merece uma menção especial, não somente porque foi estabelecido na mais bela bacia natural do mundo, mas também porque é instalado duma maneira extremamente moderna. A bacia comunica com o mar por meio duma abertura estreita: com a largura de 2.800 metros na entrada, não tem mais do que 1.100 metros na sua extremidade interior. Entra 21 quilómetros pelas terras, e a sua superfície é de cêrca de 5.780 hectares, dos quais 1.215 oferecem fundos de 10^m,70 a 48^m,80 na baixa-mar. Em nenhum ponto foi preciso elevar protecções artificiais nem mesmo proceder a dragagens.

Bem que a maré atinja uma amplitude de 2^m,40, os fundos são tais que se dispõe sempre de profundidades suficientes em todos os cais para todos os navios; desta forma foi possível estabelecer docas abertas por tôda a parte.

Foram instaladas algumas calhetas na vizinhança de Sydney, orladas dum cais de 1.134 metros de comprimento, onde podem acostar sete paquetes; e a baía de Woolloomooloo, reservada às mercadorias, cortada ao meio por um molhe de 348 metros de comprimento; segue-se a baía de Walsh, cujo lado é orlado de cais donde partem os molhes formando cinco abrigos; os molhes partem dos *hangares* de dois andares, porque a costa é cortada tam abruptamente que os terraplenos não podem ter muita extensão; o segundo andar dos *hangares* é ligado por pontes a uma estrada que passa a um nível superior ao dos cais.

Numa baía estreita e profunda, estabeleceram-se oitenta e oito postos de acostagem dos navios dispostos numa série de pequenos abrigos. Os últimos molhes construídos em Pyrmont, muito maiores, são reservados ao tráfego do carvão. Em Milles's Point estão dispostas, ao longo dum cais, postos de acostagem capazes de receber os maiores paquetes.

Mais vizinha vem a baía Jones, onde os caminhos de ferro do Estado estabeleceram uma *gare* marítima; é provida de dois molhes, o principal dos quais tem 366 m. de comprimento e 77^m,80 de largura. Emfim, a ilha de Glebe comporta uma instalação especialmente aparelhada para a manutenção do trigo.

O pôrto é dotado de quatro docas sêcas, de cinco docas flutuantes e de numerosos estaleiros de construção reparadas em diferentes baías.

HONG-KONG. ❖ ❖ É o mais importante pôrto de escala do Oriente. Foi estabelecido, também, numa baía natural maravilhosamente disposta e abrigada entre a ilha de Hong-Kong e o continente chinês. Todos os navios que fazem escala da Europa para o Oriente, e vice-versa, são obrigados a passar lá. Não faz actualmente grande comércio nem grande tráfego de mercadorias; a grande indústria é a reparação dos navios. A bacia, com poucas arruações, não possui cais; os navios fundeiam em amarrações constituídas por blocos de betão ou de ferro fundido imersos na baía. Construiu-se no entretanto ultimamente, sobre a península de Knowloon, um pôrto de refúgio contra os tufões protegido por um dique.

Antes da guerra, havia sete docas sêcas das quais a maior tem 240 metros de comprimento e 36^m,60 de largura. Encontra-se também um grande número de calhas de sirga e estaleiros de construção, a maior parte servindo para a fabricação de barcos indígenas ou pequenos vapores: pertencem aos chineses.

CAPÍTULO VI

Os túneis

Generalidades. — O Monte-Cenis. — O S. Gotardo. — O Simplon. — Túnel de Loetschberg. — O túnel de Rove.

GENERALIDADES. ❖ ❖ Uma galeria subterrânea que dá passagem a uma via férrea, a uma estrada, a um canal, designa-se por túnel. O túnel é quasi sempre recoberto interiormente com uma alvenaria cuja espessura depende da natureza dos terrenos atravessados. Nas rochas consistentes, a alvenaria não intervém por assim dizer senão como paramento; mas, nos terrenos moles, pantanosos, nas areias mais ou menos húmidas, desempenha um papel essencial, pois que suporta todo o pêso do terreno que o envolve. Dão-se-lhe então espessuras por vezes consideráveis.

Num túnel, a parte baixa, o solo chama-se *fundo*; os lados são os *pés direitos*, verticais, curvos ou oblíquos que sustentam a *abóbada* dum lado e do outro. A parte superior da abóbada é o *fecho*. Nos túneis correntes, as abóbadas são geralmente de *volta-plena* (semi-circunferência) ou *elípticas*. A face interior da abóbada é designada pelo nome de *intradorso* por opposição à face exterior, em contacto com o solo, que é o *extradorso*.

Limitar-nos-emos por enquanto a estas simples definições: a descrição das obras que vamos estudar fornecer-nos-á a ocasião de completar o nosso vocabulário.

O MONTE-CENIS. ❖ ❖ A série dos grandes túneis mundiais foi inaugurada pela perfuração do Monte-Cenis, entre a França e a Itália, principiado em 1857, dos dois lados da fronteira simultâneamente. A humanidade per-

tencia ainda à época heróica, pelo menos é preciso acreditar-lo, pois que a montanha foi atacada à picareta, como o poderiam fazer os Romanos. Em trinta e oito meses, tinha-se avançado 725 metros, seja uma progressão média de 63 centímetros por dia!

Mas, em 1861, em presença de resultados tam pouco animadores, decidiu-se ensaiar as primeiras perfuradoras pneumáticas, o

que foi quasi um desastre : num ano, o subterrâneo só tinha avançado 170 metros! No entretanto os aperfeiçoamentos realizados nas ferramentas, a experiência dos operários e a redução das dimensões da galeria triunfaram finalmente de todos os obstáculos,

de tôdas as dificuldades e, em agosto de 1871, o primeiro combóio franqueava os 12.849 metros de túnel (fig. 92).

Relembremos que a idéa de accionar as ferramentas pelo ar comprimido pertence ao mecânico francês Pecqueur, que a tinha já exposto em 1848. Um pouco mais tarde, um outro mecânico, Andraud, conseguiu mesmo fazer funcionar uma locomotiva a ar comprimido. Depois Daniel Colladon, professor da Universidade de Genebra, enunciou o princípio do transporte a distância por esta nova força motriz, e os seus aparelhos foram postos ao serviço pela primeira vez no subterrâneo do Monte-Cenis pelos engenheiros encarrega-

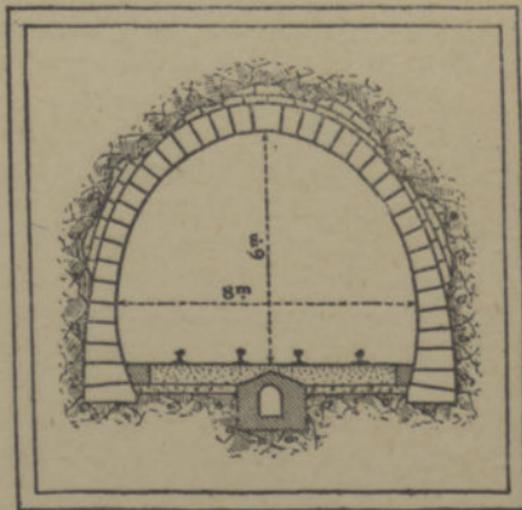


Fig. 92. — Corte do túnel de Monte-Cenis.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

dos da execução dos trabalhos : Sommeiller, Grandis e Grattoni. É a êles que deve o carneiro compressor que imaginaram para produzir o ar sob pressão utilizado nas primeiras perfuradoras de mão, substituídas bem de-pressa pelas máquinas de diversas brocas.

A perfuradora foi pois a alma do empreendimento, e a pólvora de guerra o potente martelo que partiu a resistência da montanha. Mas o ar comprimido prestou ainda um serviço de outra natureza, não menos interessante, permitindo a ventilação dos locais de trabalho. Em vinte horas, diz Luiz Figuiier, os dez compressores, postos em acção do lado de Bardonneche, produziam 3.240.000 litros de ar fresco e puro que renovava assim o ar viciado pelas lâmpadas e pela explosão das minas.

Como é impossível atacar um subterrâneo sôbre tôda a superfície da sua secção ao mesmo tempo, procede-se sempre à abertura duma galeria, denominada *galeria de avanço*, na extremidade da qual se encontra a *frente de ataque*. No Monte-Cenis, a galeria de avanço foi perfurada ao nível do solo do futuro subterrâneo, a-fim-de facilitar o deslocamento das perfuradoras : êste processo foi criticado nesse tempo, porque obrigava os operários a trabalhar de baixo para cima para ampliar a brecha. Não foi mantido no decorrer de outros trabalhos similares.

O S. GOTARDO. ❖ ❖ O empreendimento foi mais penível e mais difícil que o precedente em virtude da extensão da obra no comêço e, em seguida, às infiltrações que se produziram (fig. 93).

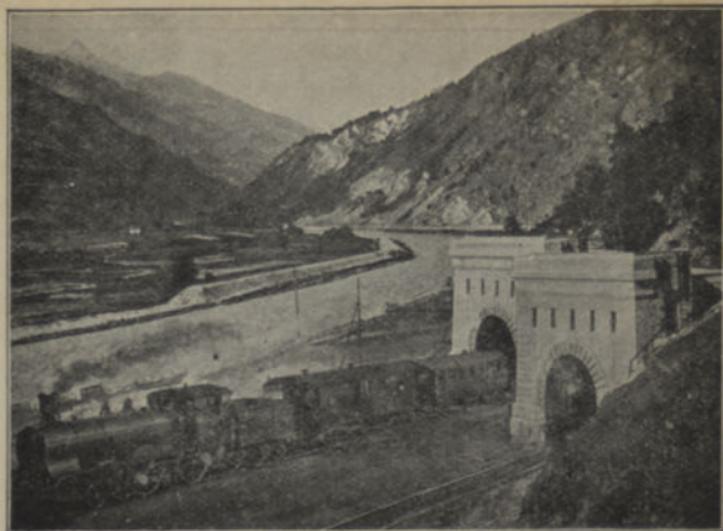
O túnel tem, com efeito, 14.984 metros de comprimento ; penetra na montanha, do lado de Gæschenen, a uma altitude de 1.145 metros acima do nível do mar e, do lado de Airolo, a 1.145 metros. As dimensões interiores são as mesmas que as do túnel do Monte-Cenis : 6 metros de altura sob o fecho, 7^m,60 de largura ao nível do balastro e 8 metros de largura a 2 metros acima. Do lado de Gæschenen, o subterrâneo atravessa um maciço de 2.600 metros de rochas gra-



O TÚNEL DO MONTE-CENIS



O TÚNEL DE S. GOTARDO



ESTRADA DE FERRO DO SIMPLON

O TÚNEL DO SIMPLON



O TÚNEL DE ROVE

Vista tomada em Dezembro de 1922.

níticas, depois camadas de calcários das quais se escapavam durante a construção abundantes fontes de água.

Os trabalhos principiaram simultaneamente dos dois lados do S. Gotardo no fim do ano de 1872. Foram frequentemente interrompidos por infiltrações que submergiam quasi os locais de trabalho. A galeria de avanço foi perfurada na parte superior do futuro subterrâneo dando-lhe o perfil interior da futura obra. Esta galeria tinha a largura e a altura de 2^m,50; alargaram-na em seguida.

A 250 metros atrás, um outro grupo de operários abria, no *stross* (no terreno não desaterado), uma espécie de fôso que descia até à parte baixa do subterrâneo; neste fôso foi perfurado um aqueduto para

o escoamento das águas. Todos os desmontes se fizeram por meio de perfuradoras e explosivos. Quanto aos desaterros, eram evacuados sobre vagões rebocados por locomotivas a ar comprimido.

Um fenómeno bizarro, constatado pela primeira vez, e de que encontraremos as manifestações no decurso da execução de outros trabalhos similares, causou alguns cuidados ao empreiteiro. Debaxo do vale de Unterseren, camadas formadas duma argila compacta, libertadas da pressão que exerciam sobre elas as rochas que as cercavam, lançaram-se no subterrâneo, esmagando os madeiramentos que se tinham disposto para as conter, destruindo mesmo abó-

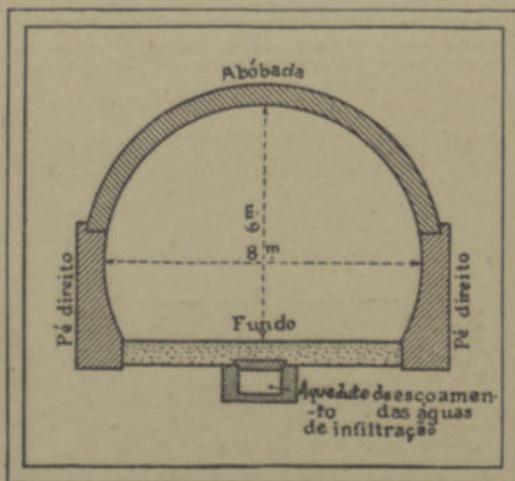


Fig. 93. — Corte do túnel de S. Gotardo.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

badas de alvenaria de 1 metro de espessura. Num momento dado, foi preciso recorrer a um revestimento metálico para as conter.

As duas galerias de avanço encontraram-se a 28 de fevereiro de 1880, depois de cada uma delas ter percorrido uma distância de perto de 7 quilómetros e meio através do maciço.

O SIMPLON. ❖ ❖ O túnel do Simplon desenvolve-se sob a grande montanha que lhe deu o nome num comprimento de 19.825

metros, dos quais 9.073 em território suíço e 10.752 em território italiano. Pertence à linha de caminho de ferro Paris-Dijon-Lausana-Milão, e os combóios destinados a este percurso têm escrito no material o nome Paris-Simplon. É o maior túnel do mundo.

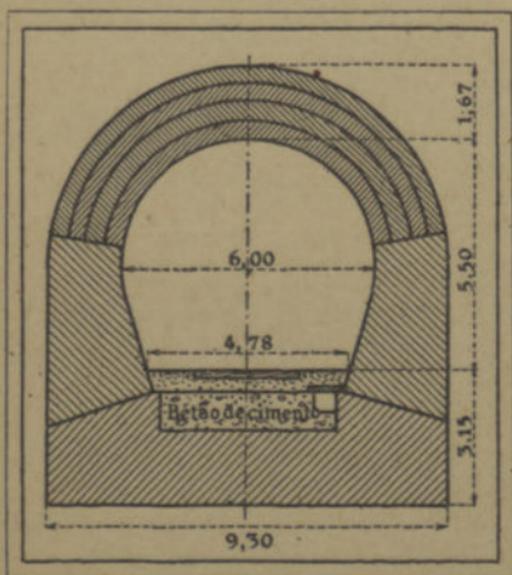


Fig. 94. — Um perfil reforçado do Simplon.

Depois do estudo de diversos projectos elaborados de 1860 a 1893, o último em data foi aceite. Vamos estudar-lhe a execução, que concretiza os meios e processos modernos de construção dos túneis (fig. 94).

A diferença de altitude entre os dois limiares de entrada e de saída é de 53 metros. O perfil é em dorso de burro; a partir da testa Norte (Suíça), a via segue uma rampa de 2 milímetros por metro numa distância de 9 quilómetros, a qual é preciso juntar um patamar de cerca de 500 metros

seguido duma inclinação de 7 milímetros por metro. Êste perfil foi adoptado a-fim-de facilitar o escoamento das águas de fontes que se supunha encontrar durante a perfuração.

De todos os túneis existentes, é não sòmente o mais comprido (Monte-Cenis, 12.849 metros ; S. Gotardo, 14.984 metros ; Arlberg, 10.240 metros ; Lœtschberg, 14.356 metros), mas tambem aquele cujos limiares de entrada e de saída estão a mais fraca altitude ; nenhum dos precedentes, com efeito, atacou a montanha a menos de 1.100 metros acima do nível do mar ; o Simplon está a 685^m,70 do lado suíço e a 633^m,50 do lado italiano. O seu ponto culminante está a

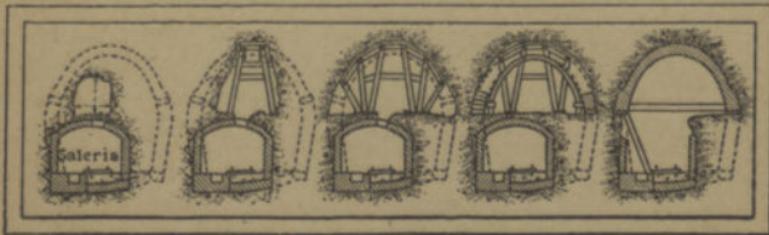


Fig. 95. — Um dos processos de construção do segundo subterrâneo do Simplon.

704^m,70 (acima do nível do mar), enquanto que o do Monte-Cenis está a 1.294^m,70, o de S. Gotardo a 1.154^m,60, o de Arlberg a 1.310^m,60 e o de Lœtschberg a 1.242^m,80. O túnel atacando a montanha perto da base deixa acima de si a massa de rochedos mais elevada : 2.150 metros.

Os empreiteiros tinham proposto a construção de dois túneis paralelos de via única situados a uma distância de 17 metros um do outro, eixo a eixo. O projecto foi aceite mas com a condição de escavar completamente apenas um único subterrâneo ; terminar-se-ia o outro quando o tráfico o exigisse. Esta concepção que poderia parecer estranha, era motivada pelas dificuldades previstas e impossíveis de vencer pelo estabelecimento duma única galeria (fig. 95).

Importava, com efeito, assegurar uma ventilação sufi-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

ciente dos locais de trabalho, não somente para renovar o ar, mas ainda para abaixar a um grau suportável as altas temperaturas que se esperava encontrar. (No S. Gotardo, os operários tiveram de trabalhar numa atmosfera de 33^o em certos pontos do túnel). Ora, a quantidade de ar necessário para realizar estas duas obrigações devia ser tam considerável que o emprêgo das condutas de transporte pareceu impraticável em virtude do diâmetro que era preciso dar-lhes. A segunda galeria, utilizada como canal de ventilação, suprimia esta dificuldade.

As duas galerias foram pois perfuradas de frente, a de ventilação sôbre uma menor secção que a outra, e ligadas de distância em distância por galerias transversais ; mas só se conservavam em serviço as duas galerias de ligação extremas, as outras eram tapadas com pedra e cal à rêtguarda. O ar introduzido pelo pequeno subterrâneo penetrava no outro por estas duas aberturas e escapava-se para o exterior depois de ter atravessado todos os locais de trabalho.

Este sistema facilitava igualmente o transporte dos materiais, que desempenha um tam grande papel nos trabalhos subterrâneos. Os combóios penetravam pela galeria auxiliar, vazios ou carregados de materiais de construção, segundo os casos, e saíam pela galeria principal com os entulhos. Além disso, teve-se o cuidado de instalar um canal de escoamento das águas na galeria secundária, de maneira que a galeria principal pôde ser desembaraçada de tôdas as instalações acessórias.

Os primeiros golpes de picareta foram dados em Brigue (Suíça) e em Iselle (Itália) no mês de maio de 1898. A grande galeria estava perfurada a 24 de fevereiro de 1905 e a pequena a 6 de julho do mesmo ano.

Na realidade, as picaretas eram representadas por perfuradoras hidráulicas Brandt. Estes aparelhos comportam um corpo de bomba de êmbolo rotativo pondo em movimento uma broca de aço de 70 milímetros de diâmetro. A água chega às ferramentas geralmente agrupadas duas a duas

em *chariots* montados sobre carris, a uma pressão de 70 a 100 atmosferas. Nas rochas duras, faziam-se 10 a 12 furos de 1^m,25 de profundidade nos quais se colocava um explosivo cuja deflagração desagregava todo o rochedo em fragmentos.

As dificuldades encontradas no decurso da execução destes trabalhos foram das mais sérias. Foi assim que a temperatura que se julgava que não ultrapassaria 40° a 42°, se elevou até 56°. Com os meios ordinários, não se conseguiria baixá-la suficientemente para permitir aos mineiros suportá-la. Os ventiladores, em número de dois na testa da galeria de ventilação, enviavam no entretanto cêrca de 30 metros cúbicos de ar por segundo. Teve de se instalar de comêço, perto da frente de ataque, injectores que aspiravam o ar da galeria e o resfriavam por contacto com uma corrente de água pulverizada, sendo esta água fornecida por uma canalização de 253 milímetros, ligada a uma instalação especial em Brigue. Em seguida estes injectores foram substituidos por ventiladores que impeliavam sobre a frente de ataque, torrentes de ar passando por caixas cheias de gêlo. Foi assim, sòmente, que os trabalhos puderam ser prosseguidos.

Do lado de Itália, secção Sul do túnel, encontraram-se, depois de 3.800 metros de subterrâneo, numerosas nascentes mais ou menos importantes; a cêrca de 4.400 metros as nascentes tomaram o aspecto de verdadeiras trombas de água saíndo tanto do solo das galerias como da abóbada e dos lados. Forneciam até 1.200 litros por segundo de água quente ou fria. Como era impossível reter esta vaga, deixou-se à vontade, e foi-se cavando um largo fôssô para lhe facilitar o escoamento para a saída do subterrâneo. A-pesar desta precaução o local de trabalho teve de ser abandonado; continuou-se com a perfuração da galeria vizinha, muito menos atacada pela água, até a um certo comprimento, depois uma galeria lateral permitiu retomar o seguimento dos trabalhos no primeiro subterrâneo, tendo sido desta forma torneada a dificuldade.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Do lado suíço, as nascentes de água quente impediram completamente o trabalho a 10.376 metros de Brigue ; para impedir a galeria de ser inundada, foi preciso elevar sólidas portas de ferro a 247 metros atrás da frente de ataque.

Quando as duas galerias se encontraram a 24 de fevereiro de 1905, — tinha-se continuado a perfuração só do lado de Itália, — havia-se formado uma enorme bôlsa de água entre a frente de ataque abandonada e a barragem. Esta bôlsa despejou-se então em torrente para o lado de Itália desde que a mina fez saltar o último bocado de rochedo separando as duas frentes.

Vimos precedentemente que em S. Gotardo se tinha produzido uma invasão de terras argilosas apertadas por rochas gigantescas que as envolviam. Um fenómeno análogo, mas mais acentuado ainda, foi observado no Simplon do lado Sul, no quilómetro 7.700, sôbre um comprimento de 41 metros. Rochas compressíveis, igualmente libertadas pela presença do subterrâneo, quebraram todos os madeiramentos, que tiveram de ser substituídos por um sólido revestimento de vigas de ferro.

Foi só em dezembro de 1912 que os caminhos de ferro federais suíços principiaram os primeiros trabalhos de alargamento da segunda galeria.

Durante o período de tempo que decorreu entre o fim do primeiro túnel e esta época, a ferramenta empregada anteriormente foi em grande parte abandonada e substituída por material novo, que assegurava uma maior velocidade de execução, seja pela desagregação de rochas, seja pela manutenção de materiais no interior do túnel. As perfuradoras hidráulicas Brandt cederam o lugar a aparelhos similares, mas de ar comprimido, perfuradoras de percussão extremamente rápidas. Foi ainda ao ar comprimido que se recorreu para accionar os combóios pesados no interior do túnel. Do lado Norte, as locomotivas eléctricas de acumuladores asseguravam o serviço concorrentemente com as primeiras. Quanto ao problema da ventilação, foi definitivamente resolvido pelo estabelecimento duma canalização

de betão armado que conduzia o ar puro à origem Norte do subterrâneo, e uma disposição especial obrigava êste ar a percorrer tôda a extensão da galeria para se escapar pelo lado Sul.

Os esforços concentraram-se particularmente sôbre o ponto do traçado em que os fenómenos de compressão de rochas se tinham manifestado durante os primeiros trabalhos. Reproduziram-se aliás com efeitos variados. Pedacos de rocha em forma de concha e de grandezas variáveis destacaram-se súbitamente da rocha sã com um ruído de explosão, sem que nada o pudesse fazer prever, e foram projectados com grande violência no interior da galeria. Constataram-se freqüentemente, sôbre o mesmo percurso, sacudidas análogas a tremores de terra, bastante violentas para deformar a alvenaria do primeiro subterrâneo.

A guerra interrompeu os trabalhos, que só foram terminados de facto em 4 de dezembro de 1921.

O túnel, completamente revestido de alvenaria em todo o seu comprimento, tem uma largura de 4^m,50 ao nível dos carris e uma altura de 5^m,50 entre êste nível e o fecho da abóbada. A espessura dêste revestimento de alvenaria é variável, depende da natureza e do estado da rocha a recobrir. Quando esta rocha é sólida, a alvenaria não tem mais do que 0^m,35 de espessura e o fundo é horizontal. Mas nas passagens em que se constatou a existência de fortes pressões, as alvenarias tiveram de ser reforçadas. Vê-se que a largura máxima do túnel atinge 9^m,35 e a altura 10^m,32. A abóbada, feita de quatro fiadas de alvenaria, tem 1^m,67 de espessura, e o fundo foi reforçado com uma forte camada de betão de cimento. Nas partes húmidas, foram applicadas dalas de asfalto sôbre o intradorso do subterrâneo antes da alvenaria, e foram instalados poços para receber e evacuar as águas de infiltração. Depois do acabamento da alvenaria, injectou-se ainda cimento líquido detrás da abóbada a-fim-de encher todos os interstícios entre ela e o rochedo, assim como, sôbre uma certa extensão, nas fendas naturais ou acidentais do próprio rochedo.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Em todos os trabalhos d'êste género, os métodos de execução dependem sempre do meio em que se opera. Os dois subterrâneos do Simplon foram perfurados da mesma maneira, principiando como no S. Gotardo, por uma galeria axial à altura da parte superior da abóbada. O segundo subterrâneo do Simplon beneficiou da presença da galeria construída anteriormente, pois que existindo entre êle e a galeria de avanço uma fraca espessura de rochedos, foi possível talhar aberturas que permitiram a queda dos detritos nos vagões colocados por baixo. O *stross* era retirado por um canteiro colocado atrás da frente de ataque, e principiava-se a alvenaria pelo fundo e pelos pés direitos para terminar pela abóbada. Revestimentos de madeira protegiam o subterrâneo contra os desmoronamentos enquanto se não terminava a alvenaria.

Veremos mais longe que existem outros métodos de construção de túneis e que os engenheiros são freqüentemente obrigados pelas circunstâncias a fugir às regras habituais.

TÚNEL DE LÆTSCHEBERG. ❖ ❖ O Lætschberg é, por assim dizer, a antecâmara do Simplon sôbre a linha Berne-Spiez-Brigue, electrificada em 73 quilómetros, sendo-o igualmente a travessia do Simplon. Esta linha é extremamente pitoresca devido às curvas e aos 27 quilómetros de túneis que foi preciso construir para ela. Necessitou da extracção de 3 milhões de metros cúbicos de desaterros, da construção de 650.000 metros cúbicos de alvenaria. Não insistiremos sôbre êstes trabalhos de linha pròpriamente dita; só o subterrâneo nos deve interessar (fig. 96).

Apresenta esta estranha particularidade que, previsto em traçado rectilíneo, teve de ser fortemente desviado em seguida a um desmoronamento. De maneira que, ao principio em linha recta, sôbre 1.202^m,93, segue logo os dois lados dum triângulo cujo traçado abandonado constitue a base e que êle encontra de novo para conservar a direcção até ao fim sôbre um comprimento de 4.007^m,32. Resultante d'êste

facto, o comprimento do subterrâneo foi aumentado de 13.735 metros para 14.605 metros.

Por outro lado, a solução admitida para o Simplon que consiste em perfurar dois subterrâneos paralelos de via simples, não foi adoptada no Lœtschberg pela razão de acar-



Fig. 96. — Carta da região dos túneis de Lœtschberg e do Simplon.

retar uma maior despesa. A secção total dos dois subterrâneos do Simplon é, com efeito, de 70 metros quadrados, enquanto que adoptando o princípio do subterrâneo único de duas vias a secção é somente de 58 metros quadrados. Donde resulta uma séria economia nos trabalhos de terraplanagens e nas alvenarias.

O acidente a que fizemos alusão mais acima produziu-se a 2.675 metros da entrada Norte. A galeria de ataque era a 180 metros por cima do vale de Kandler, quando os mi-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

neiros se encontraram em presença, não do rochedo, como se julgava em virtude das sondagens, mas dum cone de areia por cima do qual corria a torrente. As águas precipitaram-se na galeria e arrastaram as massas de areia que a obstruíram numa extensão de 1.200 metros; foi preciso abandoná-la e tornear o obstáculo.

A perfuração foi efectuada por meio de máquinas de percussão, accionadas pelo ar comprimido em grupos de quatro assentes sôbre carretas. O avanço foi de 11 metros por dia, algarismo notável e que não foi, provavelmente, jãmais ultrapassado. Os combóios de materiais eram igualmente puxados por locomotivas a ar comprimido, cujo ar de escape bem como o proveniente das perfuradoras contribuía para a ventilação dos locais de trabalho.

No momento da perfuração do túnel, em abril de 1911, o subterrâneo foi alargado até à plena secção em 10.083 metros e revestido de alvenaria em 9.070 metros. No 1.º de novembro do mesmo ano, tinha recebido a sua secção definitiva e tôdas as alvenarias estavam terminadas a 22 de abril de 1912. A sua construção durou cinco anos e quatro meses.

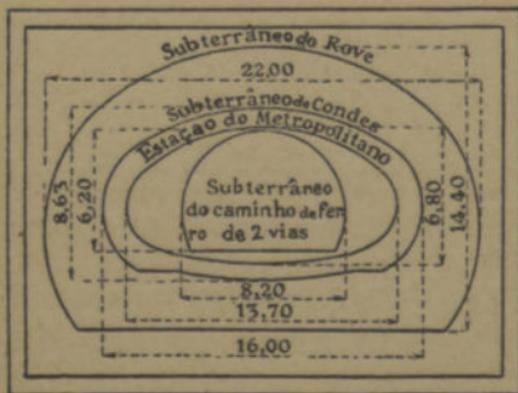


Fig. 97. — Perfil comparativo de diversos subterrâneos.

É obra dum consórcio de empreiteiros franceses, que confiou a direcção geral da empresa a M. Chagnaud.

O TÚNEL DE ROZE. ❖ ❖ Pode figurar no número dos grandes túneis do mundo por diversas razões.

A primeira, é que é o subterrâneo que possui a maior secção de todos os que existem: 300 metros quadrados contra 70 metros quadrados para a secção total dos dois subter-

râneos do Simplon. O volume de desatêrro retirado atingiu 2.300.000 metros cúbicos, enquanto que o Simplon, com as suas duas galerias de perto de 20 quilómetros de extensão, só forneceu 1.600.000 metros cúbicos, o S. Gotardo, 1 milhão de metros cúbicos. O subterrâneo que vem a seguir imediatamente ao de Rove, é o de Condes, sôbre o canal de Marne no Saone, que tem 150 metros quadrados de secção; mas o seu comprimento é só de 307 metros. Finalmente, o subterrâneo de Rove é o mais comprido de todos os túneis perfurados em território francês (fig. 97).

Vimos, no capítulo precedente, que é destinado à passagem do canal de Marselha ao Ródano. Os trabalhos principiaram em 1911, pela testa Sul, lado de Marse-

lha; preparava-se ao mesmo tempo a trincheira de acesso (trincheira de Gignac), para atingir o túnel pelo Norte, que não foi atacada senão em 1914.

A figura esquemática ao lado mostra claramente o modo de execução dos trabalhos (fig. 98). A frente de ataque compreendia simplesmente a terraplanagem da corôa, quer dizer a escavação estritamente necessária à construção da abóbada, desde a nascença até ao fecho, sôbre uma altura máxima de 10^m,90. Perfuraram-se em princípio as galerias 1 e 2 (fig. 98) de 7 a 9 metros quadrados de secção transversal cada uma, estando a galeria n.º 1 sempre um pouco em avanço sôbre a outra. Entre as duas, todos os 100 metros foram perfuradas galerias transversais utilizadas para a ventilação, as instalações de esgotamento de água, e como depósitos de ferramentas e de explosivos.

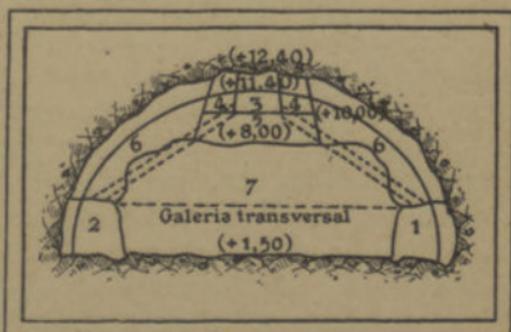


Fig. 98. — Esquema mostrando o modo de execução do subterrâneo de Rove.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Ao mesmo tempo, tinha-se ainda atacado o cume pela galeria 3. Em seguida, partindo das galerias laterais, abriram-se de 18 em 18 metros chaminés inclinadas em comunicação com a galeria n.º 3, pelas quais se evacuavam os desaterros da corôa. Esta galeria, de 4 metros quadrados de secção, foi a origem de desmontes laterais (4) seguidos dum desatêrro em profundidade (5) e finalmente de grandes desmontes (6) prolongando-se até às duas galerias laterais.

Durante êste tempo, a nascença das abóbadas era revestida de alvenaria à direita da galeria 1 e à esquerda da galeria 2, até ao seu fundo, depois os cimbres, postos no lugar, repousando sôbre o *stross*, permitiram a construção da abóbada. Estes cimbres eram constituídos por sólidas peças metálicas sustentadas por postes de madeira.

Os grandes desmontes (6) e a construção da abóbada foram executados por troços de 6 metros de comprimento sòmente, não havia mais do que um local de trabalho em actividade, e não se atacava o trôço seguinte enquanto o anel da abóbada não estivesse terminado.

Depois de ter procedido a ensaios de desmonte da rocha com uma perfuradora de broca, como já tinha feito no Lœtschberg, M. Chagnaud julgou preferível executar êste trabalho por meio de martelos de mão accionados pelo ar comprimido, aparelhos muito práticos com a condição de serem adaptados às circunstâncias locais no que diz respeito à velocidade, à percussão, forma do cóрте da ferramenta, etc. Estas ferramentas permitiram realizar avanços quotidianos de 4^m,50 e mesmo 5 metros.

A evacuação dos detritos fez-se em galerias sôbre vias férreas de 0^m,75 por locomotivas de ar comprimido à pressão de 100 quilogramas, tendo uma potência de 200 cavalos. A ventilação, era assegurada no princípio por galerias de avanço e em seguida utilizando um pôço de sondagem, de 140 metros de profundidade, para a instalação dum ventilador consumindo 13 metros cúbicos de ar por segundo. Fornecia-se assim aos locais de trabalho 2 metros cúbicos de ar por homem e por minuto e 200 metros cúbicos

de ar por quilograma de dinamite explodida, seja, para um consumo quotidiano de 40 quilogramas de dinamite, 80.000 metros cúbicos de ar por vinte e quatro horas. Os cento e oitenta martelos de ar comprimido em serviço consumiam cada um 1 metro cúbico de ar por minuto, trazendo ainda um acréscimo notável para a ventilação.

O estudo geológico do subterrâneo previamente feito não tinha revelado a existência de qualquer terreno aquífero; podia-se prever, no máximo, a existência de bolsos de água que se esvaziariam rapidamente. De facto, o consumo total dos bolsos encontrados não ultrapassou 1.000 litros por segundo, bastou cavar regos ao longo de cada uma das galerias laterais para os evacuar.

Nos terrenos muito resistentes não foi necessário prolongar a construção dos pés direitos além da banqueta de sirga,

que tem 2 metros de largura e margina o canal dum lado e do outro em todo o seu comprimento. A alvenaria da abóbada não tem, aliás, mais do que 0^m,70 de espessura uniforme.

Nas passagens em que as rochas apresentam uma segurança menor, a alvenaria da abóbada tem a espessura de um metro, e os pés direitos (que são curvos) descem até ao fundo, de maneira que o subterrâneo é inteiramente revestido de alvenaria em tódia a sua superfície.

O método adoptado para a construção dos pés direitos foi inspirado na insuficiente resistência das rochas. Come-

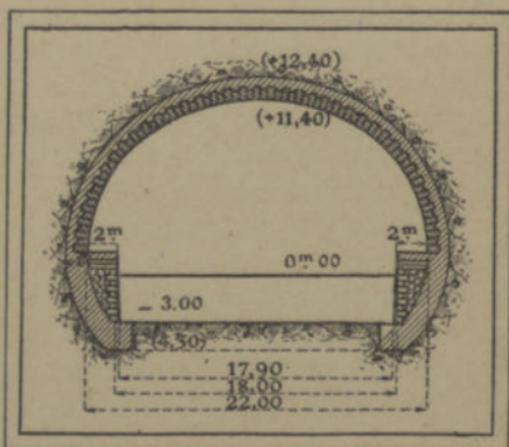


Fig. 99. — Perfil-tipo do subterrâneo de Rove com revestimento de 1 metro.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

çou-se por perfurar, dum lado do subterrâneo, poços de 3 metros de comprimento e 7 metros de profundidade, na direcção das juntas dos *anéis de abóbada*. Sublinho estas palavras para chamar a atenção para o facto de a abóbada não ser revestida de alvenaria pura e simplesmente sôbre tôda a sua extensão. Nas passagens que oferecem uma segurança insufficiente, é feita de anéis sucessivos de 6 metros de comprimento e independentes uns dos outros. De maneira que, se um desmoronamento se produzir mais tarde, encontrar-se-ia localizado a um ou dois anéis, talvez três, sem interessar, por consequência, um grande comprimento de abóbada.

Os poços perfurados como dissemos, ao direito dos anéis, permitiram construir fracções de pés direitos de 3 metros de comprimento, sustentando por consequência 1^m,50 de abóbada de cada lado da junta. Estes poços foram em seguida unidos por uma cuveta que permitiu terminar a alvenaria dos pés direitos entre as partes já construídas. Uma das nossas fotografias mostra o subterrâneo no momento em que a cuveta, aberta sôbre um certo comprimento, deixa distinguir a alvenaria dos pés direitos alternando com o rochedo ainda no local.

O mesmo processo foi empregado para a construção dos pés direitos do outro lado do subterrâneo. Não ficou mais do que o *stross* central da cuveta, que foi retirado sem dificuldade. O fundo, igualmente de alvenaria nos terrenos pouco resistentes, tem 1^m,20 de espessura ; e fecha o tubo que envolve o subterrâneo.

CAPÍTULO VIII

Os metropolitanos

Generalidades. — O Metropolitano de Paris. — Construção duma linha. — Praça Saint-Michel. — Châtelet. — Os caixões metálicos. — Subterrâneos tubulares. — O escudo. — Estação das Abbesses. — O monolito da Praça da Ópera. — Outras obras. — Os túneis de Nova-York. — O metropolitano de mercadorias de Chicago.

GENERALIDADES. ❖ ❖ O estudo que vamos consagrar aos caminhos de ferro metropolitanos é um seguimento ao capítulo precedente sobre túneis. É que, nas grandes cidades cada vez mais congestionadas pelo trânsito de veículos de tôda a natureza, cada vez mais congestionadas por uma população sem cessar em crescimento, teem sentido a necessidade de abrir vias de comunicação tanto quanto possível subterrâneas para serem independentes de qualquer outra circulação de superfície.

Estes subterrâneos são ainda túneis ; mas distinguem-se dos que conhecemos por uma irregularidade de direcção por vezes muito pronunciada. Por outro lado, as grandes cidades sendo sempre construídas sôbre as margens de cursos de água em vales mais ou menos alagados, os solos a atingir não apresentam por assim dizer uma resistência comparável à das rochas que atravessam os túneis alpinos. São terrenos pantanosos, areias fortemente impregnadas de água, rochas deslavadas, que interdizem formalmente os processos vulgares. Além disso, a necessidade de construir importantes *gares* subterrâneas e de realizar cruzamentos de linhas a níveis diferentes, de atravessar ribeiras e rios a uma certa profundidade debaixo do seu leito, obriga os engenheiros a executar obras especiais, verda-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

deiros monumentos subterrâneos de que o Metropolitano de Paris nos fornece numerosos exemplos.

É aqui com efeito, no próprio Paris, que vamos encontrar a mais formidável construção subterrânea que existe no mundo inteiro, tanto no ponto de vista do desenvolvimento de rede como na variedade dos trabalhos realizados e das dificuldades encontradas.

O METROPOLITANO DE PARIS. ❖ ❖ O plano da rede que reproduzimos compreende as linhas em exploração, as linhas em construção e as linhas a construir eventualmente ou aquelas cujo resgate foi proposto.

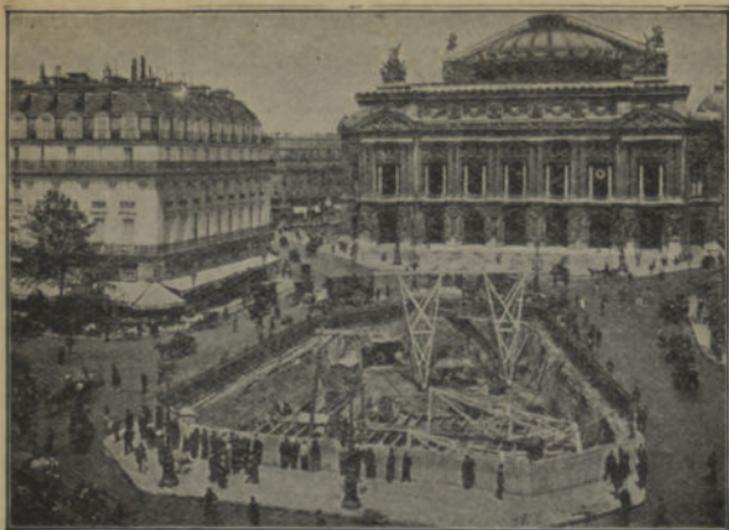
Doze de entre elas estão em exploração. São :

A linha n.º 1	de 10.576 m. de comprimento	que custou	40 milhões
A — n.º 2	de 12.314 m.	—	38 —
A — n.º 2 Sul,	de 10.797 m.	—	39 —
A — n.º 3	de 7.906 m.	—	33 —
A — n.º 4	de 11.403 m.	—	87 —
A — n.º 5	de 4.694 m.	—	15 —
A — n.º 6	de 5.160 m.	—	15 —
A — n.º 3 <i>ter</i>	de 1.963 m.	—	8 —
A — n.º 7	de 8.580 m.	—	31 —
A — n.º 7 <i>bis</i>	de 2.995 m.	—	12 —
A — n.º 8	de 8.580 m.	—	69 —
A — n.º 3 <i>bis</i>	de 2.519 m.	—	15 —

Sejam, no total, 87.126 metros de linha tendo custado 402 milhões de francos.

As linhas concedidas são as seguintes :

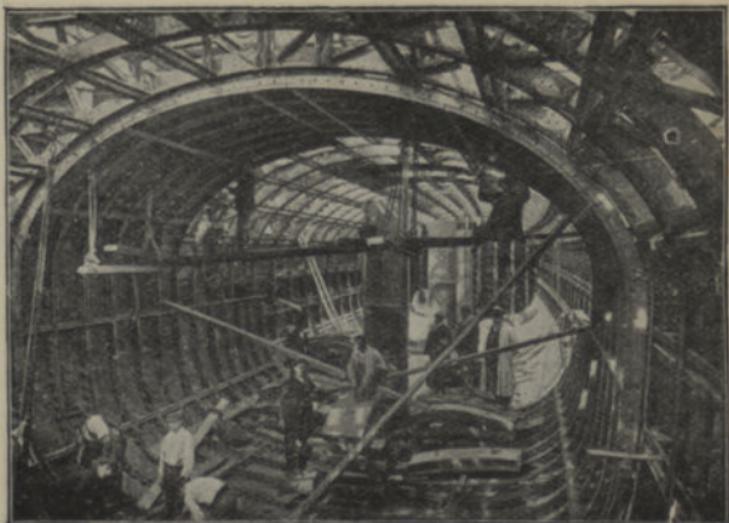
Trocadero-Porta de Saint-Cloud	7.810 metros
Prolongamento linha n.º 7 até ao Bd. Morland	3.200 —
Trocadero-Ópera-Carrefour Richelieu-Drouot	4.430 —
Cintura interior Inválidos-Inválidos	11.450 —
Bastilha-Porta de Picpus	4.950 —
Porta d'Italie-Boulevard Saint-Germain	5.390 —
Porta de Montreuil-Place de la République	5.360 —
Praça da République-Porta des Lilas	4.000 —
Via terrea Porte d'Orléans-Porte de Gentilly	1.600 —



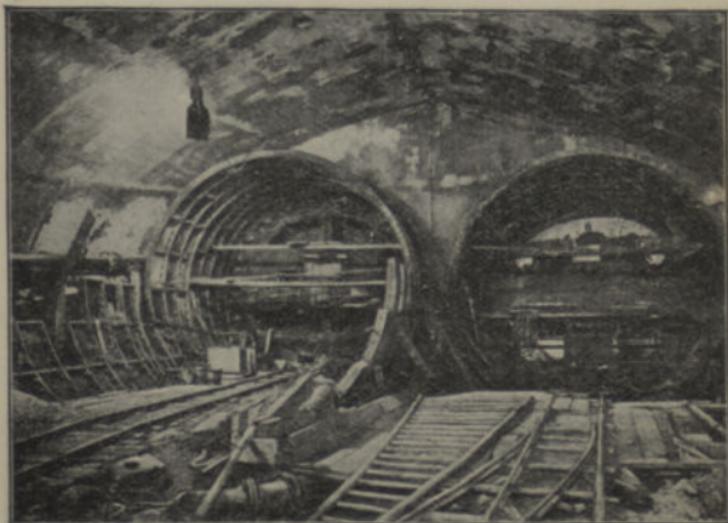
PRAÇA DA ÓPERA DURANTE OS TRABALHOS DO METROPOLITANO



OS CAIXÕES DO METROPOLITANO NA PRAÇA SAINT-MICHEL



O GRANDE CAIXÃO DO METROPOLITANO DA PRAÇA SAINT-MICHEL
(Vista interior).



A ENTRADA DOS DOIS TÚNEIS CIRCULARES PARA A TRAVESSIA
DO SENA PELO CAMINHO DE FERRO DO NORTE-SUL

O seu comprimento total é de 48.190 metros.

Um certo número destas últimas linhas estão em construção ou mesmo parcialmente em exploração. Quando estiverem terminadas, a rede terá um comprimento total de 135.317 metros. Actualmente há 112.647 metros de linhas em exploração, construídas ou em construção, num desenvolvimento de 105.292 metros de subterrâneos e 7.354 metros de viadutos metálicos.

Extraíram-se destes subterrâneos 7.550.000 metros cúbicos de escavações correspondendo a um cubo tendo a Esplanada dos Inválidos como base e 50 metros de altura. O total das alvenarias eleva-se a 38.160 toneladas.

Quanto ao caminho de ferro Norte-Sul, desenvolve-se sobre duas linhas de que a mais extensa, da Porta de Versailles à praça Jules-Joffrin, tem 10.080 metros de comprimento; a segunda, da *gare* de Saint-Lazare à porta de Saint-Ouen, tem 2.650 metros. Desta última destaca-se um ramal que liga a Fourche à Porta de Clichy. A linha principal foi igualmente prolongada até à Porta da Chapelle; comporta ainda uma secção concedida, mas não construída, entre a *gare* de Montparnasse e a Porta de Vanves.

Vamos agora estudar algumas das principais obras desta rede, depois de ter explicado como é construído um subterrâneo corrente num solo rochoso.

CONSTRUÇÃO DUMA LINHA. ❖ ❖ Antes de emprender a construção duma linha, principia-se por efectuar o desvio dos esgotos que ela deve encontrar, com as suas canalizações, e não se entrega a calçada aos empreiteiros senão depois deste trabalho preliminar. A linha é dividida em lotes, de cerca de um quilómetro de extensão, e cada um deles posto em adjudicação, depois do que os empreiteiros estão autorizados a principiar os trabalhos sobre todos os pontos ao mesmo tempo. De distância em distância, são perfurados poços até ao nível inferior do futuro subterrâneo para servirem para a descida dos operários, à extracção das escavações e à condução dos materiais de construção.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Os trabalhadores atacam então as galerias dos dois lados do poço ao mesmo tempo, nas duas direcções opostas por consequência. Não tendo o subsolo parisiense uma resistência comparável às rochas em que são perfurados a maior parte dos túneis de montanha, houve necessidade de se tomar grandes precauções para se evitar desmoronamentos. O processo normal admitido aqui consiste no estabelecimento duma galeria axial, na parte superior do futuro subterrâneo, de cêrca de 1^m,80 de altura e 2 metros de largura no máximo, o céu desta galeria tomando desde logo a forma

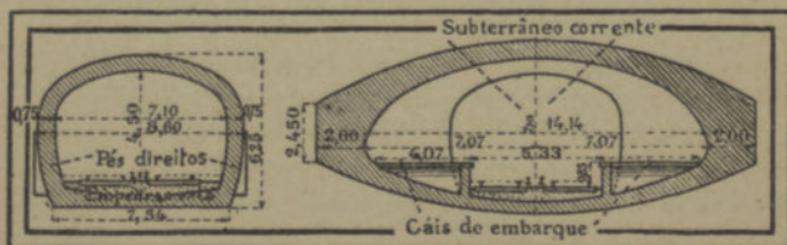


Fig. 100-101. — Tipo de subterrâneo normal (à esquerda) e tipo de estação normal (à direita).

da abóbada futura, de que ela constitue uma parte do extradorso, o fecho. Reveste-se de madeira esta primeira galeria, de cada lado e por cima, com esteios que sustentam pranchas muito espessas (pranchões).

Quando a galeria atinge um certo comprimento, uma outra equipa de operários ataca o terreno à direita e à esquerda, respeitando, na parte superior (extradorso), a curva da futura abóbada, que, no Metropolitano de Paris, é quasi sempre elíptica (fig. 100). Quasi imediatamente interveem os pedreiros e constroem tôda a abóbada sôbre os cimbres. Esta assenta pois dos dois lados sôbre terrenos sufficientemente resistentes para manter tôda a carga da alvenaria sem nenhum outro apoio quando o descintramento fôr operado.

No momento requerido, tôda a abóbada está terminada

sôbre um comprimento duma centena de metros algumas vezes, sem que tenha havido a preocupação de revestir de alvenaria os pés direitos (muros de suporte). A casa foi pois construída às avessas, principiando pela cobertura, como nos grandes túneis. Nenhuma dificuldade se apresenta pois para continuar a construção que se efectua então em *sob-obra*, segundo o têrmo consagrado, principiando pelos pés direitos.

Regressando ao princípio do subterrâneo, as equipas de mineiros atacam o *stross* (terreno a retirar) perfurando duas galerias longitudinais tam estreitas como a galeria axial, deixando no seu lugar as rochas que sustentam a abóbada e uma enorme massa de *stross* entre as duas galerias. Depois os pedreiros interveem por sua vez da maneira seguinte:

Sôbre uma profundidade de 2 metros, êles escavam o local do pé direito da esquerda, por exemplo, sustentam a abóbada por escoras e enchem com alvenaria o pé direito. A equipa da direita efectua a mesma operação, mas construindo 2 metros de pés direitos a 2 metros à frente da origem; as alvenarias alternam pois, à direita e à esquerda da abóbada, com as rochas deixadas no local sôbre uma mesma profundidade. O primeiro anel de abóbada de 2 metros assenta pois à esquerda sôbre uma alvenaria e à direita sôbre rochas; o segundo repousa à esquerda sôbre a rocha e à direita sôbre a alvenaria, e assim seguidamente. Depois repete-se a operação para terminar a construção dos pés direitos.

Não resta mais do que retirar o que ficou do *stross* e perfurar o solo, sempre por anéis de 2 metros, para construir o fundo em que assentam os pés direitos e sôbre o qual se estabelecerão as linhas de caminho de ferro.

Ao lado dêstes trabalhos que se repetiram e repetem sôbre tôdas as linhas, os engenheiros tiveram de recorrer por vezes a métodos e processos totalmente inéditos, inspirados pelas condições excepcionais do trabalho a executar. Nós insistiremos mais particularmente sôbre as duas travessias do Sena, entre a praça Saint-Michel e o Châtelet,

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

e a jusante da ponte da Concórdia, sôbre a obra executada debaixo da praça da Ópera e sôbre a estação da praça das Abbesses, que pertence ao caminho de ferro Norte-Sul.

PRAÇA SAINT-MICHEL-CHATELET. ❖ ❖ Os trabalhos foram executados em plena toalha aquífera, a uma profundidade de cêrca de 13^m,50 abaixo do nível médio das águas do Sena. A presença da linha n.º 1, na praça do

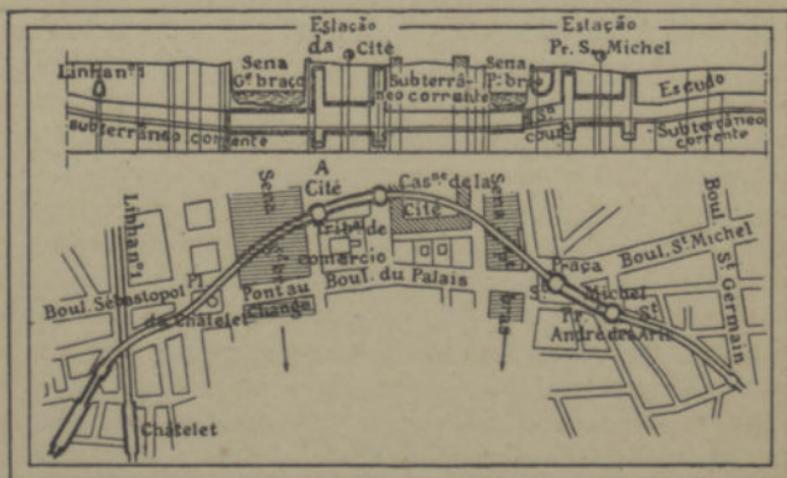


Fig. 102. — Planta e perfil longitudinal da travessia do Sena pela linha n.º 4

Chatelet, e a da linha do caminho de ferro de Orleans, na praça de Saint-Michel, vieram ainda complicar uma situação já muito delicada, pois que era preciso ao mesmo tempo passar debaixo dos dois braços do Sena e debaixo da casa da Cité (fig. 102).

O trabalho especial que nós estamos estudando estende-se sôbre um comprimento de perto de 1.100 metros. Os engenheiros do Metropolitano e o empreiteiro decidiram que a obra seria executada segundo os princípios admitidos na construção dos pilares das pontes, quer dizer por meio de caixões metálicos descidos verticalmente até ao seu lugar definitivo para constituir a ossatura metálica

interior do subterrâneo e estações compreendidas no lote. Cada caixão é pois um fragmento de túnel construído a céu aberto (fig. 103).

O conjunto teve necessidade da construção e escava-



Fig. 103. — Esquemas mostrando as fases sucessivas da montagem dum caixão

ção de dois caixões para o pequeno braço do Sena, entre a Cité e a praça Saint-Michel; três para o grande braço entre a Cité e o Châtelet; um caixão horizontal e dois caixões verticais para a estação da praça Saint-Michel e outro para a da Cité. É pois um total de onze caixões que foram enterrados sôbre um comprimento de 399^m,20. O escudo a ar comprimido foi utilizado para a construção de 350^m,79 de subterrâneo, e um processo por congelção interveio entre o pequeno braço do Sena e a praça Saint-Michel para a travessia do caminho de ferro de Orleans.

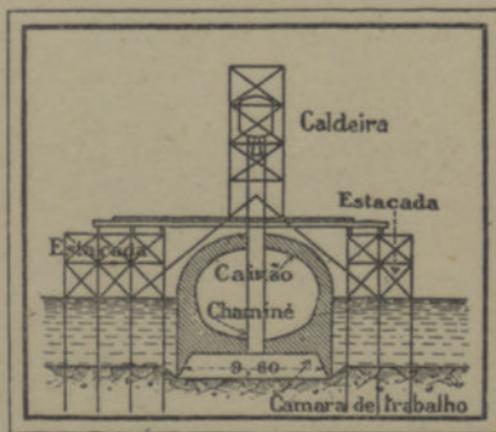


Fig. 104. — Disposições esquemáticas das estacas entre as quais foi mergulhado e enterrado um caixão.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

OS CAIXÕES METÁLICOS. ✚ ✚ Um caixão é uma construção metálica tendo interiormente a forma e as dimensões do futuro subterrâneo. É constituído por um conjunto de vigas recobertas de chapas interior e exteriormente. O espaço compreendido entre estas chapas é segundamente cheio de betão de cimento. A base do caixão com-

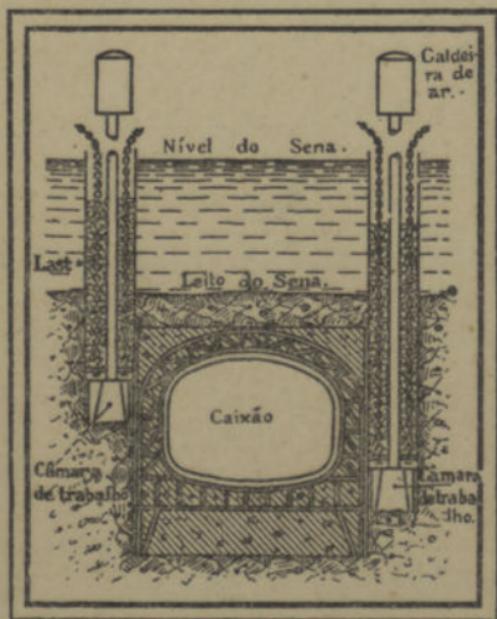


Fig. 105. — Processo adoptado para a ligação dos caixões no Sena. São descidos dois caixões no espaço destinado à construção dos pilares laterais.

porta uma *câmara de trabalho*, que serve aos trabalhadores para cavarem o solo; esta câmara comunica com o exterior por quatro chaminés para as quais entram os operários e que servem ao mesmo tempo para a evacuação dos entulhos e à entrada dos materiais de construção. Como os trabalhos se executam no meio da toalha aquífera, introduz-se em permanência ar sob pressão na câmara de trabalho

a fim de impedir que a água a invada. Uma *caldeira*, sobrepujando cada chaminé, serve para a eclusagem dos operários, que, vindo do exterior, são submetidos a uma pressão de ar progressiva até que a atmosfera da caldeira equilibre a do local de trabalho. Abre-se então a porta da eclusa que comunica com o local de trabalho e os operários descem. A saída necessita da operação inversa,

sendo os operários submetidos a uma depressão progressiva até que a atmosfera da caldeira se tenha tornado igual à pressão atmosférica (fig. 104).

Tendo sido rebocado o caixão até ao local que deve ocupar, fechado nas suas duas extremidades para impedir a água de aí penetrar, é descido, arrastado pelo pêso do betão introduzido entre as chapas. Principia-se por extrair a água contida na câmara de trabalho, depois enche-se de água o interior do caixão a-fim-de que êle fique no local desejado. Os trabalhadores cavam então o solo debaixo do caixão até que

êste, que desce pouco a pouco, arrastado pelo seu próprio pêso, (4.300 toneladas por caixão, das quais 300 toneladas de metal, 2.000 toneladas de betão e 2.000 toneladas de

água) tenha atingido o local definitivo que deve ocupar. Enche-se então de betão a câmara de trabalho e juntam-se-lhe os materiais de escavação sôbre o caixão até ao nível do leito do rio. Os desenhos esquemáticos que reproduzimos mostram a sucessão normal das operações de fundação (ver fig. 103).

Quando dois caixões estão no local, tôpo a tôpo, procede-se à sua junção (figs. 105 e 106). É deixado entre êles um espaço de cêrca de 1^m,50 porque seria materialmente impossível enterrá-los exactamente tôpo a tôpo. Para efectuar a soldadura desce-se, de cada lado, de maneira a enquadrar o espaço vazio, um outro caixão mais pequeno

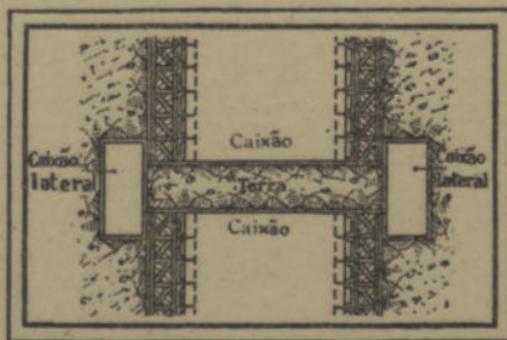


Fig. 106. — Vista em planta dos caixões que constituiram o subterrâneo do Sena e dos caixões laterais que serviram à construção dos pilares de ligação.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

que comporta, como os precedentes, uma câmara de trabalho permitindo a extracção dos desaterros. Mas não se deixa no local; levanta-se à medida que a alvenaria sobe (fig. 107), só parando na altura dos grandes caixões. Sôbre os dois muros laterais assim construídos, desce-se um terceiro caixão, que permite no princípio a extracção dos

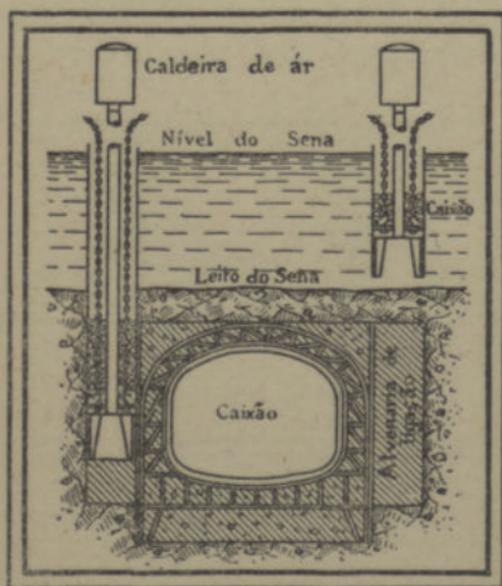


Fig. 107. — Subida do caixão móvel à medida que foram construídos os pilares. O pilar da direita está terminado.

Sena. A parte fluvial foi em primeiro lugar isolada por meio duma ensecadeira, em seguida deitaram-se-lhe as terras do desatêrro. A congelação interessava assim um volume total de 2.145 metros cúbicos, dos quais 750 metros cúbicos de água (fig. 108).

Foram executados sessenta furos de sondagem a 1^m,20 uns dos outros e a 17 metros de profundidade, descendo assim até 1 metro abaixo do fundo do subterrâneo a exe-

venaria de ligação dos fundos e finalmente a construção da porção da abóbada entre as duas abóbadas em presença.

Entre o último caixão de margem e a estação do caminho de ferro de Orleans, teve de se fazer intervir a congelação para ligar as duas secções do subterrâneo. Esta soldadura foi executada sôbre um comprimento de 14^m,50, dos quais 8^m,70 em pleno

cutar. Em cada furo de sonda, descia-se um tubo exterior fechado na sua base e um tubo interior aberto de maneira a estabelecer uma circulação permanente de líquido congelante. Obteve-se assim, por êste processo original, um terreno duma grande resistência, que permitiu abrir o túnel sem qualquer dificuldade.

Acrescentemos que os caixões não eram todos das mesmas dimensões : os das estações *Saint-Michel* e *Cité* tem 68 metros de comprimento, 16^m,50 de largura total e 12^m,50 de altura. São os mais importantes. Cada um dêles é prolongado, em cada extremidade, por um caixão de secção elíptica de 26 metros e 18^m,50, respectivamente grande e pequeno eixo, ficando êste último na Direcção do subterrâneo. Estes caixões elípticos serviram para o estabelecimento dos acessos : escadas e ascensores.

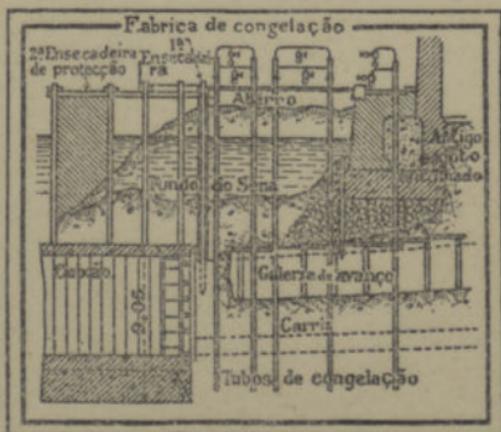


Fig. 108. — Corte do subterrâneo durante os trabalhos de congelação destinados a facilitar a ligação entre o último caixão elíptico da praça de S. Miguel e o primeiro caixão enterrado no Sena.

SUBTERRÂNEOS TUBULARES. ❖ ❖ O subterrâneo tubular é o tipo normal de túnel que atravessa os terrenos aquíferos, o que se encontra nos metropolitanos estrangeiros, dos quais certas linhas são inteiramente tubulares. Foram efectuadas duas travessias do Sena desta maneira, a montante da praça da Concórdia por dois túneis de via única do caminho de ferro Norte-Sul e a jusante por o da linha n.º 8, Auteuil-Ópera, sendo êste de duas vias.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Este último túnel mede $7^m,236$ de diâmetro interior; é guarnecido duma cofragem constituída por aduelas de ferro fundido ligadas à razão de 13 por anel de $0^m,75$ de largura. São placas de ferro fundido com a forma do subterrâneo e ligadas pelas suas abraçadeiras por meio de rebites (fig. 109).

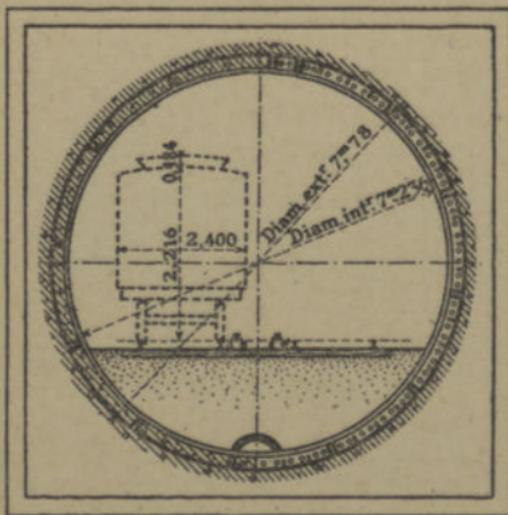


Fig. 109. — Subterrâneo do Metropolitano de Paris, na travessia do Sena, a jusante da ponte da Concórdia.

Sendo o sub-solo neste sítio constituído por areias embebidas em água, os trabalhos de escavação foram executados sob a protecção dum *escudo*.

O ESCUDO

✚ ✚ Deve-se o escudo ao engenheiro Brunel, que

fez registar o seu invento em 1818 e construiu, com este aparelho, o primeiro túnel sob o Tamisa; tornou-se tam indispensável como o próprio ar comprimido na execução das obras subterrâneas de travessias de rios. Por esta razão, vamos entrar em algumas explicações detalhadas (fig. 110).

Em princípio, o escudo é um cilindro metálico cujo diâmetro exterior é igual ao do subterrâneo a perfurar. Termina-se à frente por um esporão cortante que penetra no solo e à rétaguarda por macacos que o empurram.

Na prática, o cilindro é dividido em três partes por duas paredes horizontais, cada uma das quais terminando-se por um esporão ao abrigo do qual se executam as escavações. O cilindro do escudo empregado sob o Sena, a jusante da ponte da Concórdia, tinha $7^m,95$ de diâmetro interior e

4^m33 de comprimento ; a sua carcassa, feita de três chapas de aço, tinha 57 milímetros de espessura. O esporão cortante prolongava o cilindro sôbre a metade inferior, e a metade superior avançava em forma de viseira. As duas paredes horizontais eram ainda cortadas verticalmente por três paredes ; umas e outras asseguram a rigidez absoluta do conjunto. Além disso delimitam oito aberturas que podem ser fechadas por meio de portas. À rétaguarda, pode ser prevista uma obturação semelhante.

O esporão é pois dividido em três andares por duas paredes ou plataformas horizontais ; constituem-se assim três recintos nos quais os operários atacam simultaneamente os terrenos

sôbre tôda a altura do subterrâneo trabalhando a boa altura.

Na cauda do escudo, um anel protege o subterrâneo contra a queda das terras durante a instalação das aduelas que se efectua por meio duma máquina especial montada na rétaguarda. Vinte e sete macacos hidráulicos cercam o escudo à rétaguarda ; são encarregados de o empurrar à medida que os trabalhos avançam apoiando-se sôbre a cofragem de ferro fundido do subterrâneo.

O guindaste de montagem das aduelas comporta um braço capaz de pivotar em volta dum eixo horizontal, do qual uma extremidade forma a cabeça duma prensa hidráulica ; a outra tem um contrapêso. Leva-se a aduela num vagonete até à cauda do escudo, fixa-se sôbre a cabeça por meio de cavilhas e faz-se girar o braço até que aquela

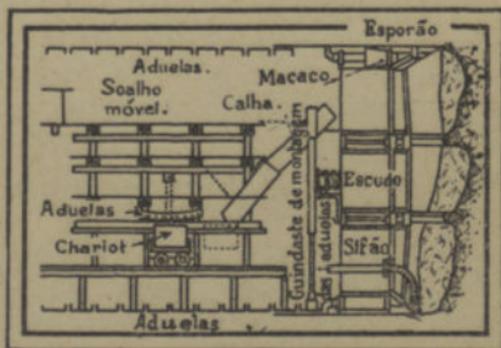


Fig. 110.—Corte do escudo e do estaleiro da rétaguarda.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

esteja em face do local que deve ocupar. Não resta mais do que alongar a cabeça pela introdução de água para pôr a aduela no sítio. Fixa-se finalmente por meio de rebites às aduelas precedentes.

ESTAÇÃO DAS ABESSES. ❖ ❖ Dos fundos pantanosos que marginam o Sena subamos para Montmartre.

A estação das Abesses pertence à linha do caminho de ferro Norte-Sul que atravessa o cabeço de Montmartre de um lado para o outro elevando-se pouco a pouco até à estação de Lamarck. Na estação de Notre-Dame-de-Lorette, os carris estão a 7^m,90 abaixo do solo; na estação Pigalle, estão a 12^m,40 e a 30 metros na praça das Abesses. No ponto mais elevado de Montmartre, os carris estão a sessenta metros abaixo do solo.

Não podemos insistir sobre as dificuldades encontradas pelos engenheiros no decurso dos trabalhos de execução desta via, que tam de-pressa passa sob as fundações das velhas casas fendidas, como sob as pedreiras, através dos solos de consistência muito aleatória. Basta-nos lembrar que, sob a passagem do Elysée-des-Beaux-Arts, foi preciso construir uma espécie de pilares de 3^m,20 de espessura para sustentar a abóbada em arco-pleno, a qual tem 1^m,25 de espessura no fecho.

Na estação « Abesses », o extradorso da obra (parte superior da abóbada) é a 1 ou 2 metros somente abaixo das antigas pedreiras formando uma espécie de cuveta em que se acumulam as águas da chuva. Para evitar as catástrofes, foi preciso igualmente construir enormes pés direitos de 3^m,30 de espessura e edificar a abóbada sobre estas alve-narias por *galerias de regresso*, desmontando os trabalhadores o terreno acima das suas cabeças enquanto que os pedreiros construiam a abóbada à sua rétaguarda partindo dos pés direitos. A mais fraca espessura desta abóbada é de 0^m,75 no fecho.

Os acessos da estação « Abesses » assim como as da estação « Lamarck », foram estabelecidos duma maneira par-

ticularmente original. Cada uma delas é sobrepujada, com efeito, de dois enormes poços revestidos a alvenaria, de 7 metros de diâmetro. Um dêstes poços, reservado aos ascensores, foi furado ao lado do subterrâneo, o outro assenta directamente sôbre a abóbada da estação; recebeu uma escada que pode ser utilizada pelos passageiros em caso de paragem do ascensor. Os poços dos ascensores descem até aos cais das estações; o das « Abbesses » tem 30 metros de profundidade.

O MONOLITO DA PRAÇA DA ÓPERA. ❖ ❖ Da mesma forma que em Montmartre e sôbre as margens do Sena, os construtores do Metropolitano tiveram de lutar, debaixo da praça da Ópera, contra a toalha de água subterrânea que tinha já causado bastantes prejuízos aos architectos do monumento.

Lá cruzam-se três linhas, a da Porta Champerret à praça Gambetta, a do Palays-Royal à praça do Danúbio e a de Auteuil à Ópera. Tendo a toalha de água subterrânea uma profundidade de 10 metros, foi preciso atravessá-la em tôda a sua altura a-fim-de encontrar um solo suficientemente resistente para suportar o pêso das construções futuras. Decidiu-se construir ao mesmo tempo os subterrâneos de três vias e suas estações no interior dum enorme bloco de alvenaria que constituiria uma espécie de monolito com dimensões consideráveis.

Os trabalhos principiaram em 1903 pela construção dum enorme caixão metálico que se enterrou segundo os processos habituais e ao abrigo do qual foram efectuadas as escavações e as alvenarias. A base do monolito é ocupada pela estação *terminus* da linha n.º 8, que atravessa a linha n.º 7 por meio duma ponte metálica, o mesmo acontecendo com esta última linha para a travessia da linha n.º 3. Um último tabuleiro igualmente metálico suporta a calçada. Finalmente o bloco, assim furado de alto a baixo, é ainda perfurado em todos os sentidos por escadas que ligam entre si os cais de tôdas estas estações

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

e fornecem acessos para a entrada e saída dos passageiros duma ou outra das duas estações instaladas debaixo da praça.

OUTRAS OBRAS. ❖ ❖ A linha n.º 8 que dá acesso à margem direita do Sena a Auteuil, separa-se, no próprio interior da estação Mirabeau, em dois subterrâneos de via única formando um vasto anel. Os combóios vindos da Ópera não param nesta estação, que não tem cais para êles; prosseguem o seu caminho seguindo uma forte rampa para atingir a praça da igreja de Auteuil e regressam pelo subterrâneo da esquerda, depois de ter percorrido todo o anel, vindo parar à estação Mirabeau antes de penetrar sob o Sena.

O princípio e o fim do anel foram estabelecidos pois a níveis diferentes; o subterrâneo da direita eleva-se tão rapidamente que o seu fundo está à altura da abóbada do da esquerda, mesmo à saída da estação.

A linha Itália-Gare do Norte não é menos pitoresca no sítio em que principia a fazer a travessia do Sena a jusante da ponte de Austerlitz. Atravessa primeiramente a gare de Orleans sobre uma ponte metálica cujos acessos se abrem, escancarados, no próprio *hall* da gare; penetra em seguida acima do Sena sobre uma linda ponte de arco sobre-elevado. A esta ponte segue-se um tramo curvo de forte inclinação e fraco raio, que permite à linha passar debaixo da praça Mazas para franquear finalmente, sobre uma ponte descoberta, o canal que liga o Sena à gare fuvial do Arsenal.

Este tramo curvo foi uma inovação muito feliz. Os viadutos metálicos do Metropolitano eram todos, até aquela data, de tramo recto; nas curvas, alargava-se o tabuleiro do viaduto o suficiente para que permitisse inscrever duas vias entre as vigas da margem. Era uma solução pouco elegante perfeitamente resolvida pelo sistema do tramo curvo, adaptando-se as vigas também à curvatura da via.

Se se não quiser considerar senão certos pontos da rede, encontra-se, na Étoile, na gare de Este, na gare do Norte,

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

compreendidas as localidades vizinhas : Brooklyn, Long-Island, Jersey-City, etc. Tôdas as tardes, a cidade própria-mente dita, a península de Manhattan, é por assim dizer completamente abandonada pelos empregados e operários de tôdas as categorias, que regressam a sua casa. Estes deslocamentos diários da população tornaram necessária a pro-

fusão de meios de transporte de grande capacidade, como os caminhos de ferro metropolitanos aéreos, os ferry-boats, os caminhos de ferro subterrâneos, os *trawmays* eléctricos.

De todos os meios de comunicação que ligam a cidade aos seus arredores, não trataremos senão dos túneis, por que são os que chamam mais particularmente a nossa atenção. Todos, aliás, são perfurados quasi unicamente sob os dois ramos principais do Hudson River e do East River, que delimitam a península de Manhattan.

Existem vinte, dos quais três são reservados às condutas de gás ; entre os outros dezassete, seis pertencem às companhias de caminhos de ferro. Estes são todos agrupados por pares e de via única, como o do Norte Sul

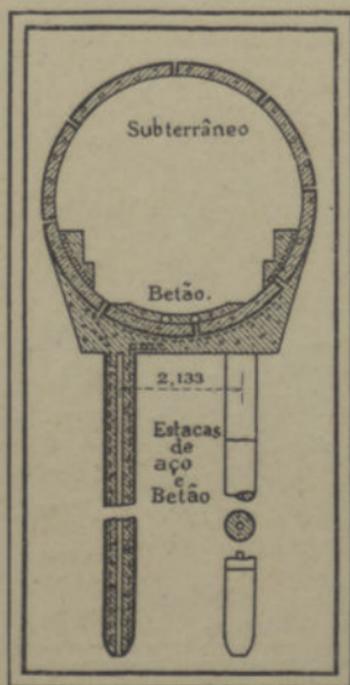
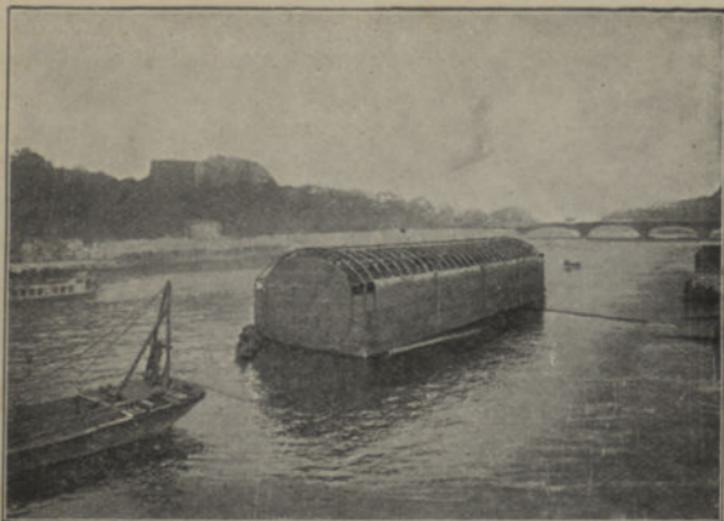
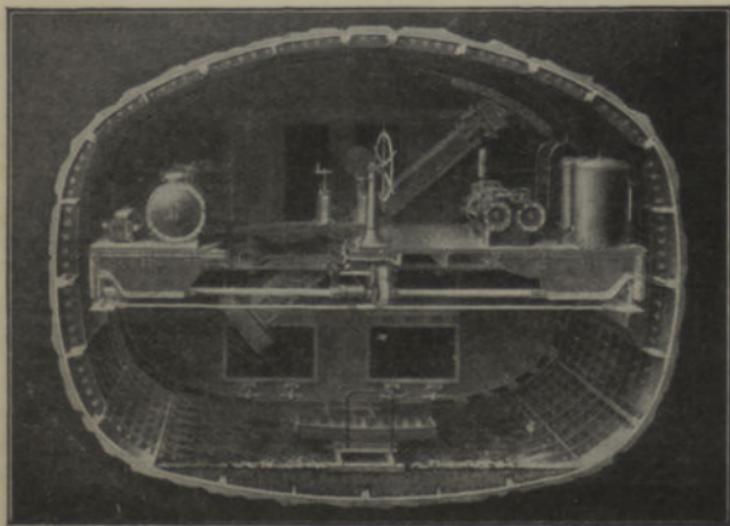


Fig. 112. — Túnel submarino do New-York and Brooklyn Rapid Transit Railway (fundação sobre estacas de aço e de betão).

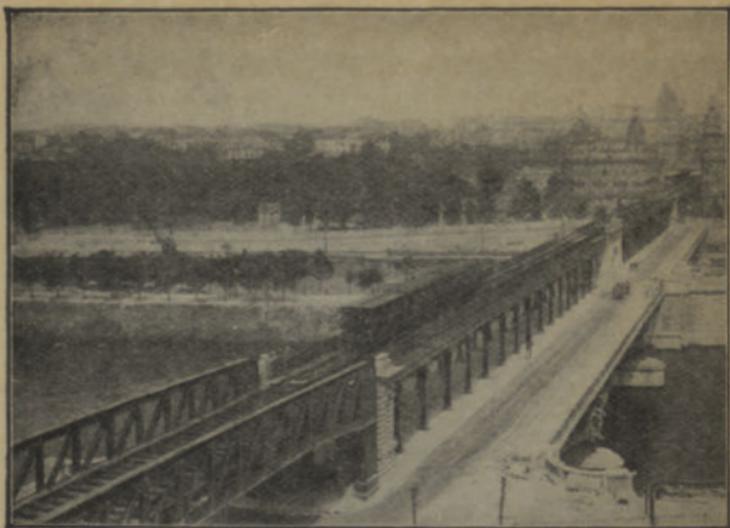
em Paris, a jusante da ponte da Concórdia. Os que atravessam o Hudson entre a península de Manhattan e Jersey City são os mais compridos, tendo o rio 1.600 metros de largura nestas paragens. A sua profundidade média é de 12 a 15 metros, e o fundo é constituído por uma lama consistente contendo 30 p. 100 de água. À profundidade de 15 a 18 me-



TRANSPORTE POR ÁGUA DUM CAIXÃO DESTINADO À TRAVESSIA DO SENA



MÁQUINA DE COLOCAR AS ADUELAS NOS SUBTERRÂNEOS DO METROPOLITANO



PARIS : PONTE DO METROPOLITANO EM PASSY



METROPOLITANO AÉREO DE NOVA-YORK

tros, sob o leito do rio, encontra-se, num certo comprimento, rochas resistentes, mas é preciso por vezes atingir 75 e mesmo 90 metros para as achar. De maneira que os túneis devem ser perfurados, sobre quasi todo o seu comprimento, através da lama.

Os engenheiros americanos não foram sempre muito felizes nos seus empreendimentos de construção de tú-

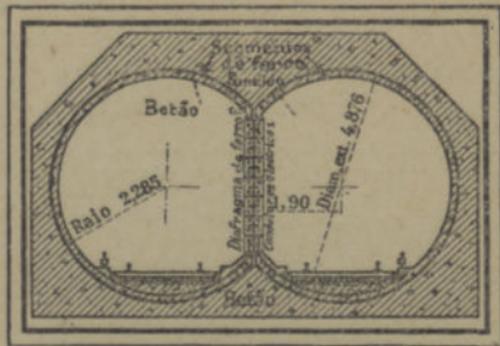


Fig. 113. — Seção do tunel duplo sob o Harlem River.

neis. Assim o da companhia de caminhos de ferro da Nova-York central and Hudson River, principiado em 1874, não foi terminado senão em 1908 depois de diversos ensaios infrutuosos.

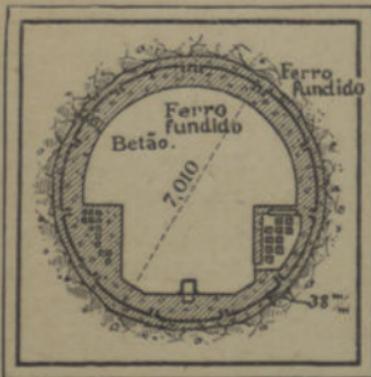


Fig. 114. — Seção dos túneis da Pensylvânia Railroad sob o Hudson.

No decurso da construção do túnel do New York and Brooklyn Rapid Transit Railroad, sob o East River, dificuldades inesperadas retardaram igualmente os trabalhos. Abrindo a obra uma passagem através as areias húmidas, notou-se que o revestimento tubular se inflectia detrás do escudo. Para tornar a segurança absoluta no subterrâneo, foi preciso

consolidar a base enterrando pilares em betão no solo posto a descoberto, para êste fim, pela retirada das placas do revestimento inferior do túnel. Num comprimento de 360 me-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

tros e todos os 15 metros no sentido do comprimento, enterraram-se até ao terreno sólido dois tubos de aço com 50 centímetros de diâmetro. O interior foi cheio de betão de cimento. Depois em cima dêstes pilares construiu-se uma abóbada, igualmente em betão de cimento, envolvendo a parte inferior do tubo. Compreende-se com facilidade a dificuldade de executar

um trabalho de tal natureza no fundo dum rio (fig. 112).

Debaixo do Harlem River, pequeno braço do Hudson, os dois tubos são ligados e soldados um ao outro por uma parte plana (fig. 113).

Os túneis do Pennsylvania Railroad (fig. 114), de que o mais comprido mede 1.609 metros entre os poços cavados sôbre as duas margens para consti-

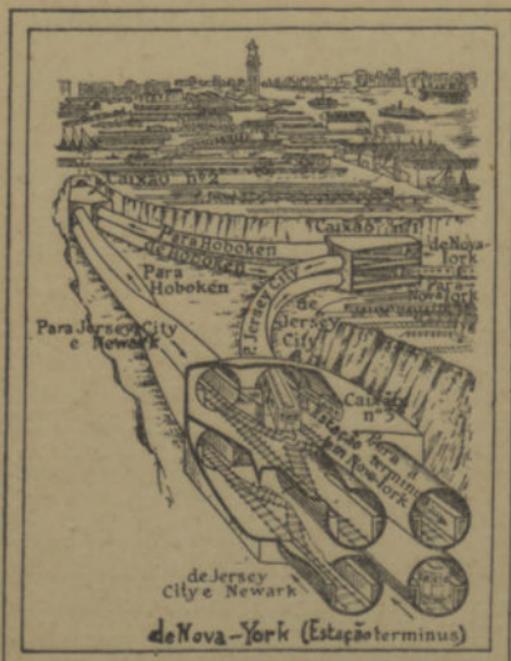


Fig. 115. — Vista perspectiva do triângulo de ligação dos túneis de Nova-York a Jersey-City e Hoboken.

tuir as câmaras de escudo, assentam igualmente sôbre pilares de betão; mas foram previstos nos estudos e não estabelecidos para evitar um acidente. São feitos de grossos tubos de aço de 0^m,685 de diâmetro interior e descem até ao rochedo. O túnel assenta directamente sôbre êles como o tabuleiro duma ponte. Encontramo-nos pois em presença duma construção nova, que participa ao mesmo tempo da ponte e do subterrâneo.

A obra mais curiosa de tôda a rêde de túneis de Nova-York é o triângulo de ligação ligando os subterrâneos, tendo atravessado o Hudson a Hoboken e a Jersey-City, construído de maneira tal que os combóios vindos da península por um dos dois duplos túneis possam dirigir-se sem cruzamento de vias para um e outro destino enquanto que outros combóios efectuam os mesmos percursos em sentido inverso.

Assim como o mostra a figura 115, os ângulos do triângulo são ocupados por um caixão de cimento armado com quatro túneis dispostos em dois andares. Do caixão n.º 1, o situado mais perto do rio, partem dois subterrâneos em cada direcção e agrupam-se no interior dos caixões n.º 2 e n.º 3 com dois outros subterrâneos ligando ainda os caixões entre si depois de



Fig. 116. — Corte transversal do túnel sob o rio Harlem.

ter seguido um percurso helicoidal. Existe uma outra ligação triangular semelhante à saída do segundo grupo de dois túneis sob o Hudson situada a montante do primeiro. A execução dêstes trabalhos foi bastante penosa, porque são enterrados me metade da sua altura, nas areias aquíferas.

Debaixo do rio Harlem passa ainda um subterrâneo com quatro túneis ligados, com um comprimento total de 329^m,20 (fig. 116).

A construção dêste quádruplo túnel foi inspirada no processo inventado por M. Chagnaud para a travessia do Sena para a linha n.º 4.

O comprimento total debaixo do rio comporta cinco caixões metálicos compreendendo cada um os quatro elementos tubulares do subterrâneo. A construção effectuou-se

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

num recinto fluvial estabelecido a 1.600 metros a montante, ao nível das baixas águas. Quando foi terminada a parte metálica, obturaram-se as extremidades dos quatro tubos, que foram rodeados duma parede de madeira transformando-se em espécies de barcas, que a maré alta levantava e que se rebocavam em seguida acima do local que deviam ocupar. Para assegurar uma descida regular, os quatro tubos eram divididos por paredes verticais e horizontais

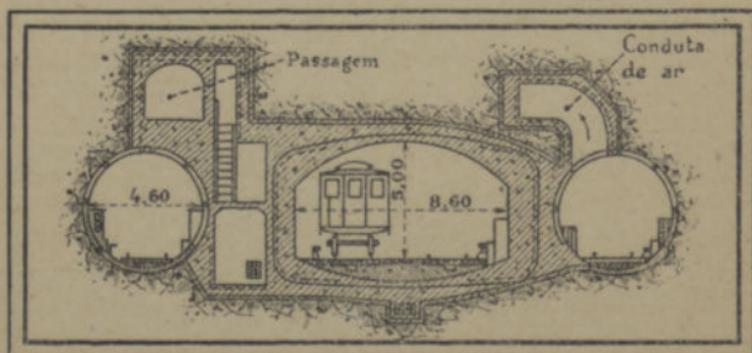


Fig. 117. — Corte do subterrâneo a quatro vias no cruzamento da 9.ª rua e da 6.ª avenida de Nova-York.

num certo número de câmaras estanques, em cada uma das quais se podia enviar uma quantidade de água qualquer abrindo adufas. Além disso o caixão era sobrepujado por dois flutuadores, um em cada extremidade, igualmente divididos em câmaras por paredes. A descida pode assim operar-se com grande regularidade.

Estes caixões assentam na escavação operada no leito do rio, sôbre cinco peças de apoio colocadas por mergulhadores e fixadas a duas estacas enterradas no fundo da escavação. Foram envolvidos em seguida numa massa de betão, assim como o mostra o nosso desenho, depois betonados no interior.

O METROPOLITANO DE MERCADORIAS DE CHICAGO. ❖❖ É uma das curiosidades mais notáveis que

a arte do engenheiro moderno executou. Os subterrâneos dêste metropolitano foram perfurados, com efeito, sem que os habitantes fôsem prevenidos e mesmo sem que êles percebessem. Um belo dia os proprietários dos prédios viram parar, diante da entrada das suas caves, vagões trazendo-lhes carvão e retirando as suas cinzas sem que ninguém os avisasse da inauguração dêste novo serviço.

70 quilómetros de vias subterrâneas foram assim construídos para servir as vinte e cinco ou trinta *gares* da cidade mais americana de tôda a América e os bairros mais comerciais.

Tôdas as *gares* são ligadas entre si por uma via principal circular, da qual partem vias secundárias percorrendo a cidade. As primeiras têm 3^m,80 de altura e 3^m,40 de largura e as segundas 1^m,80 de largura e 2^m,30 de altura. Tôdas estas galerias, fâcilmente perfuradas a 8 metros abaixo do solo numa argila compacta, são rodeadas de betão armado. As galerias principais comportam duas vias e as secundárias são de via única. Pequenas locomotivas eléctricas de 75 a 80 cavalos puxam os combóios constituídos de vagões dum único tipo, transformável segundo a natureza das mercadorias a transportar. Cada um dêles pode transportar 13 toneladas.

OS OUTROS METROPOLITANOS. ❖ ❖ Tôdas as grandes cidades: Berlim, Londres, Madrid, Viena, Filadélfia, etc., possuem rêdes de metropolitanos em cuja construção se inspirou o Metropolitano de Paris ou nêle se inspiraram segundo os casos. Mas na maior parte, em Londres, por exemplo, os túneis são tubulares, sendo o processo de construção pelo escudo mais vantajoso sôbre todos os pontos de vista. Não nos parece pois necessário estudar estes metropolitanos, sendo o que dissemos nalgumas páginas precedentes suficientes para definir a técnica dêstes trabalhos.

CAPÍTULO VIII

As construções gigantes

Generalidades. — A Torre Eiffel. — Os arranha-céus de Nova-York. — Os hangares do pôrto aéreo de Villeneuve-Orly. — As chaminés das fabricas. — A estação de telegrafia sem fios de Sainte-Assise. — O farol do Fastenet. — A estátua da Liberdade.

GENERALIDADES. ❖❖ Neste último capítulo, estudaremos algumas construções gigantescas que nos assombram pelas suas dimensões. Os engenheiros americanos adquiriram neste género de construções uma reputação merecida; no entretanto os seus confrades do velho mundo são capazes duma audácia semelhante, e se Nova-York se orgulha dos seus impressionantes *arranha-céus*, é preciso não esquecer que a Torre Eiffel, construída em 1889, detem sempre e deterá por muito tempo ainda o *record* da construção metálica. É dela que vamos falar em primeiro lugar, porque ela merece o primeiro lugar nas applicações industriais da ciência.

ATÔRRE EIFFEL. ❖❖ O ante-projecto da construção foi estabelecido por MM. Émile Nougier e Maurice Kœchlin, engenheiros, auxiliada por M. Sauvestre, architecto. O projecto definitivo, apresentado por M. Eiffel, foi adoptado pela comissão de contrôle das Finanças, que lhe outorgou uma concessão de vinte anos a partir do 1.º de janeiro de 1890. A execução foi confiada aos autores do ante-projecto auxiliados por MM. Martin para as fundações, Compagnon para a montagem e A. Salles para a parte mecânica, debaixo da alta direcção de M. Eiffel.

Os quatro pilares da Torre occupam exactamente os quatro pontos cardiais. Se do Trocadero se olha a construção, é fácil achar a orientação: o pilar da esquerda, perto do Sena,

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES

ocupa o Norte; detrás dêle encontra-se o pilar Este; à direita, perto do Sena, está o pilar Oeste, detrás do qual se encontra o pilar Sul.

Cada pilar é constituído por quatro maciços cujas arestas correspondem às da parte metálica e são inclinadas como elas. Estes maciços construídos em alvenaria de cimento com a pedra de Château-Landon, assentam, nos pilares Sul e Este, numa camada de betão de 2 metros de espessura sôbreposto a uma camada de areia e cascalho. Os dos pilares Norte e Oeste são fundados em caixões de chapa de 15 metros de comprimento por 6 metros de largura descidos pelo ar comprimido até 5 metros abaixo do nível do Sena. Estas fundações terminam à altura do solo; os rochedos que se distinguem na origem dos pilares são decorações que permitiram a instalação pitoresca destas bases nas quais mergulha o metal. Finalmente, no pilar Sul, foi reservado o local para a instalação duma fábrica de máquinas. Entraram nestas fundações 12.000 metros cúbicos de alvenaria e, na construção da Torre, 7 milhões de quilogramas de metal.

Cada pilar é constituído por quatro montantes sólidamente ligados; dando os *treillis* ao conjunto o aspecto duma renda de aço. A Torre é composta por 15.000 peças diferentes, ligadas por 2.500.000 rebites colocados à mão; trabalharam, durante dois anos, nos estudos destas peças quarenta desenhadores e calculadores, que cobriram cinco mil fôlhas de desenho de 1 metro de largura por 0^m,80 de altura.

Os quatro pilares que partem da base são ligados, 55 metros acima do solo, por vigas de 7^m,50 de altura que asseguram a rigidez absoluta do edifício. Debaxo destas vigas são fixados grandes arcos, e por cima uma série de cachorros sustenta as galerias do primeiro andar decoradas, exteriormente, de *logias*, de arcadas do mais gracioso efeito. Acrescentemos que os pilares são colocados a 103^m,90 de eixo a eixo; a superfície coberta é de mais de um hectare.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Escadas e ascensores permitem subir ao primeiro e ao segundo andar ; a partir do segundo, um único ascensor conduz ao vértice. Os viajantes mudam de cabine num andar intermediário, espécie de plataforma estabelecida entre o segundo e o terceiro andar.

O primeiro andar está a 57^m,63 acima do solo ; o segundo a 115^m,73 ; a plataforma intermediária a 195^m,95 ; o terceiro andar a 276^m,13 ; o terraço superior a 278^m,71 e a plataforma do vértice a 300^m,65. Há 347 degraus de escadas para atingir o primeiro andar, 674 para o segundo. Uma escada helicoidal, reservada para serviço, conduz ao vértice.

Foram instalados, nos dois pilares Este e Oeste, dois ascensores hidráulicos com duas cabines ; podem elevar cada um 1.000 pessoas por hora até ao segundo andar. No pilar Norte pode um pequeno ascensor fazer subir 30 pessoas ao segundo andar em cada viagem ; efectua seis viagens por hora. Entre o segundo e o terceiro andar circula um ascensor Edoux constituído por duas cabines, das quais uma serve de contrapêso à outra com paragem na plataforma intermediária. Quando uma das cabines sobe, a outra desce, e *vice-versa*. Um reservatório colocado a 276 metros de altura assegura o funcionamento dos êmbolos hidráulicos que accionam a cabine superior. Cada uma destas cabines pode receber sessenta e sete pessoas e fazer subir setecentos e cinqüenta visitantes por hora. A duração do percurso total da segunda plataforma ao vértice é de sete minutos sòmente.

A Tôrre Eiffel ficou sendo a atracção mais apreciada de todos os estrangeiros que visitam Paris. Desempenha ao mesmo tempo um papel científico de primeira ordem, como observatório meteorológico e como suporte de antena da estação de telegrafia sem fios do Campo de Marte.

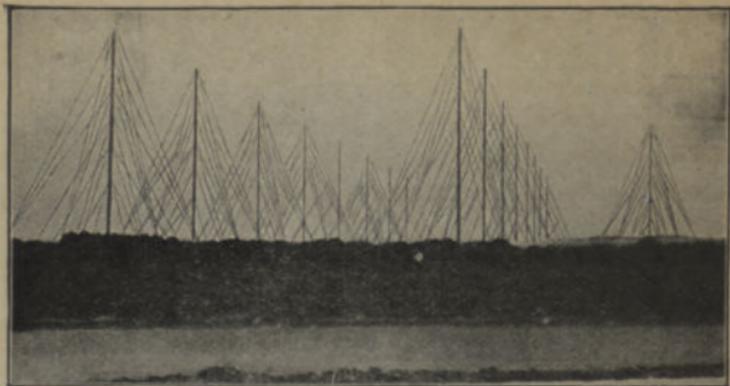
Pouco tempo depois de terminada, M. Mascart, então director do Bureau central meteorológico, fazia instalar no seu vértice instrumentos de medida transmitindo directamente por fios as suas indicações ao Bureau central me-



A TÔRRE EIFFEL EM CONSTRUÇÃO



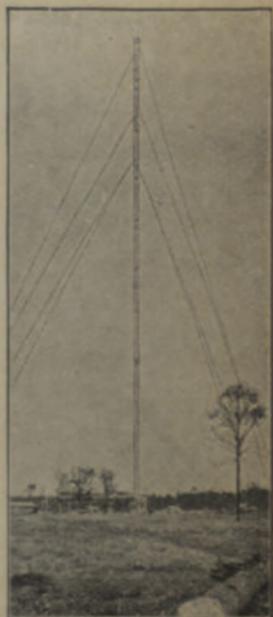
OS «ARRANHA-CÉUS» DE NOVA-YORK



VISTA GERAL DOS PILARES DA ESTAÇÃO DE T. S. F.
DE SAINT-ASSISE



AMARRAÇÃO DUMA ESPIA AO SEU
MACIÇO DE BETÃO



PILAR DE 250 METROS COM-
PLETAMENTE INSTALADO

teorológico. Estas observações, tiradas hora a hora, são relativas à velocidade e à direcção do vento, à temperatura, à pressão atmosférica, ao estado higrométrico do ar, etc. Sábios como M. Chauveau, M. Cailletet, M. Colardeau, o astrónomo J. Janssen, M. A. Cornu, o Doutor A. Henocque, etc., serviram-se igualmente da Tôrre Eiffel para diversos estudos científicos pessoais.

Finalmente é ainda graças a ela que a poderosa estação de T. S. F. do Campo de Marte pôde ser edificada, tendo M. Eiffel pôsto graciosamente a Tôrre à disposição do general Ferrier, então capitão, para a utilizar como suporte de antena. Êste benefício não foi perdido, porque naquele momento estava quási decidida a demolição desta obra prima da arte do engenheiro para satisfazer alguns artistas (!) que a acusavam de *deshonrar Paris!* E os protestos de M. Eiffel talvez tivessem ficado sem eco se a telegrafia sem fios não tivesse trazido o argumento decisivo para a conservação da Tôrre.

OS ARRANHA-CÉUS DE NOVA-YORK. ❖❖ Deu-se êste nome — em inglês *sky-scrapers* — a casas imensas em altura, o que é justificado pelo preço elevado dos terrenos, em Nova-York, particularmente.

O *Woolworth Building*, o mais importante de todos os arranha-céus americanos, foi construído em 1912 por M. Woolworth, que tinha realizado uma imensa fortuna organizando em tôdas as cidades dos Estados-Unidos, bazares em que todos os artigos eram vendidos a 25 e 50 cêntimos. O seu imóvel custou-lhe a bagatela de 14 milhões de dolars.

A pequena estatística que apresentamos em seguida esclarecerá as nossas ideas sôbre estas construções ultra-modernas; relaciona-se aos três mais importantes *sky-scrapers* de Nova-York.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

	Singer Building	Metropolitan Building	Woolworth Building
Altura	186 ^m ,50	213 ^m ,50	240 ^m 50
Número de andares	46	50	55
Pêso total	75.000 t.	77.100 t.	93.440 t.
Superfície total dos sobrados	44.514 m ²	101.168 m ²	161.818 m ²
Número de lâmpadas eléctricas	14.500	30.000	80.000
Comprimento dos tubos de água	30.590 m.	20.930 m.	69.230 m.
Número de ascensores	16	38	28
Curso total dos ascensores	1.207 m.	2.415 m.	3.218 m.

São todos constituídos por uma ossatura metálica com revestimentos em betão ou em tijolos. O último em data, o de M. Woolworth, distingue-se dos precedentes não só pela sua altura, mas ainda pela presença de ornamentos góticos, ornamentos piramidais como os vulgarmente empregados nos campanários das igrejas, contrafortes postiços, que contrastam singularmente com a massa. Esta absorve-os devido à desproporção, sem nenhum proveito architectónico. Os arranha-céus não passam de enormes blocos de betão de que não se pode atenuar a falta de graça.

O Woolworth é uma massa de 30 andares servindo de envasamento a uma torre de 25 andares (fig. 118). Ocupa uma superfície de 60 metros por 46^m,35 completamente coberta até ao nível do quarto andar. A partir desta altura, a massa toma a forma dum U, sendo as duas asas separadas por um corredor de 10^m,65 de largura e 29^m,25 de comprimento. No terceiro andar desaparecem as duas asas e a torre forma-se para se lançar verticalmente até ao quinto andar. Os cinco últimos andares são instalados numa pirâmide de 32 metros de altura rodeada duma galeria de base que se encontra assim colocada a 222^m,50 acima do solo.

Esta construção monumental assenta sobre sessenta e um caixões enterrados a cerca de 35 metros de profundidade abaixo do nível do solo; a sua altura total, incluindo as fundações, é pois de 275 metros. A fim de proteger as casas vizinhas durante os trabalhos de escavação, enterrou-se a toda a volta pranchões de madeira ou de aço

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES

por meio de bate-estacas dando cento e cinquenta pancadas por minuto. Os caixões rectangulares ou circulares, são dispostos em fileiras distantes de 3 a 9 metros umas das outras, e a sua secção varia de 3 a 25 metros quadrados; serviram para construir pilares de 20 metros de altura. A sua descida effectuou-se pelos processos ordinários, sendo o ar comprimido enviado para uma câmara de trabalho inferior enquanto que os operários tiravam os desaterros.

A carcassa do edificio, completamente metálica, comporta colunas que lhe formam o elemento principal e que assentam sobre pilares de betão. Certos pilares suportam uma única coluna; noutros casos, uma única coluna assenta sobre dois pilares vizinhos. A ligação entre os pilares e as colunas é realizada por intermédio de ferros I dispostos de maneira a repartir a carga uniformemente entre elles.

O pêso total da construção foi avaliado em 250.000 toneladas e a carga dos soa-lhos calculada à razão de 365 quilogramas por metro quadrado até ao vigésimo andar; diminue em seguida de 5 p. 100 para descer a 180 quilogramas no mínimo. Quanto à acção do vento que se exerce sobre a superfície da construção, seria igual a 145 quilogramas por metro quadrado.

As colunas assim como as vigas de aço dos muros são revestidas de alvenaria de granito até ao quinto andar e de tijolos

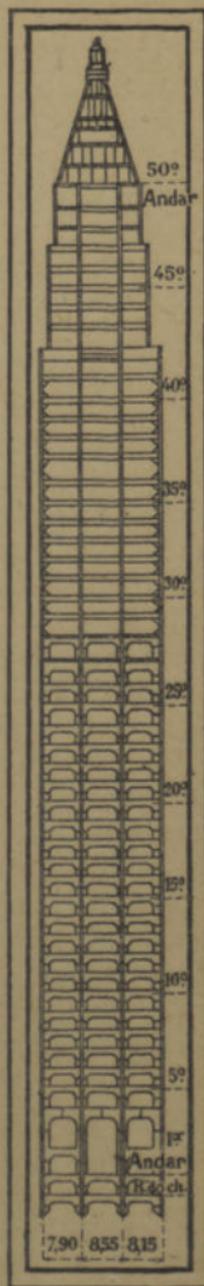


Fig. 118.—*Woolworth Building* Elévation do esqueleto da torre desde o rés-do-chão até ao cume.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

nos restantes; as superfícies inclinadas são guarnecidas de folhas de cobre. Até ao vigésimo sexto andar, os soalhos são de betão armado; os restantes são construídos em tejos.

Até ao trigésimo andar, quer dizer até à plataforma principal, o vigamento foi montado em seis meses por uma equipa de 40 homens, não compreendendo os rebitadores: os dezassete andares seguintes foram montados em menos de dois meses. Oitenta homens empregando rebitadeiras pneumáticas fizeram sete mil rebites por dia, consumindo a construção 200 toneladas destas peças. Poderosos guindastes movidos por motores eléctricos de 80 cavalos colocavam as peças no seu lugar.

Diversos dos locais dêste imóvel foram estudados a pedido dos futuros locatários: clubes, restaurantes, bancos, etc. No subsolo encontra-se um salão de barbeiro, um restaurante capaz de receber quinhentas pessoas, uma cave com cofres fortes cujas paredes, de 0^m,60 de espessura, são feitas em betão armado com carris. Existe igualmente uma piscina e um estabelecimento de banhos turcos. O rés-do-chão é ocupado por dezoito armazens e os correios, telefones e telefones são instalados nos diversos andares. É com razão que se comparam estes imóveis a verdadeiras cidades possuindo todos os recursos da cidade melhor organizada.

Os vinte e oito ascensores são agrupados em diversas séries tendo respectivamente cursos de 100, 161, 184 e 207 metros; uns servem os andares inferiores, os outros os andares superiores; conjuntamente podem transportar sete mil pessoas por hora. As cabines são providas de telefone e de todos os dispositivos de segurança usuais, entre os quais um amortecedor especial em caso de queda, constituído por um poço no qual a cabine desempenha o papel de êmbolo compressor de ar. Foi tentada uma experiência com êste dispositivo: deixou-se cair uma cabine lastrada com 3.700 quilogramas, desde o quadragésimo andar. A queda durou sete segundos e a pressão elevou-se, no poço, a 1 quilograma por centímetro quadrado.

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES

A água é fornecida a todos os andares à pressão normal de 1^{kg},500 por centímetro quadrado. É em primeiro lugar filtrada, em seguida aspirada para reservatórios estabelecidos a diferentes alturas que asseguram a distribuição dos andares inferiores. Canalizações especiais são reservadas às instalações de força motriz, aos postos de socorro em caso de incêndio assim como à alimentação de quartos de banho e lavabos. Mil lavabos recebem água quente a 79.º.

As escavações obrigaram a extrair 46.000 metros cúbicos de escombros, o emprêgo de 3 quilómetros de pranchões de madeira, 350 toneladas de pranchões metálicos; 18.000 metros cúbicos de betão entraram na alvenaria, que é armada com 300 toneladas de ferro; os vigamentos de aço pesam 25.000 toneladas; utilizaram-se 17 milhões de tejos, 16.000 toneladas de pedras de cantaria, 24 toneladas de bronze, 69 quilómetros de tubos de chumbo, 140 quilómetros de cabos e fios para a iluminação eléctrica, 370 quilómetros de fios telefónicos, três mil portas e três mil janelas. Seis caldeiras, duma potência total de 25.000 cavalos, fornecem a força motriz, e quatro dínamos asseguram uma produção de 1.500 kilowatts. Oitenta mil lâmpadas eléctricas são distribuídas em todo o imóvel, cuja construção, principiada em 1910, foi completamente terminada no 1.º de abril de 1913.

¿ O Woolworth Building deterá o *record* absoluto das construções dêste género? O engenheiro que o construiu emitiu a opinião de que não seria possível ultrapassar 240 metros de altura para um imóvel sem modificar completamente o sistema de construção; o preço do custo encontrar-se-ia então fortemente aumentado e a exploração comercial dos andares tornar-se-ia desvantajosa.

OS « HANGARES » DO PÔRTO AÉREO DE VILLE-NEUVE-ORLY. ❖ ❖ Destinados a receber os balões dirigíveis, estes dois *hangares* não sofrem qualquer comparação com outra construção similar: são únicos pela sua forma e pelas suas dimensões. O seu comprimento é de 300

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

metros, a sua altura interior de 59^m,30 e a sua largura na base de 91 metros.

Completamente construídos em cimento armado, são formados dum abóbada dum única peça, sem pés direitos, cujo aspecto lembra, de longe, o dum chapa ondulada; tècnicamente falando, a abóbada é feita dum sucessão de perfis Zorès (ver fig. 119) dum regularidade absoluta. Cada hangar não é mais do que uma imensa abóbada assentando directamente sôbre as suas fundações.

Estas são representadas, de cada lado, por uma laja de betão armado de 1 metro de espessura, 7^m,85 de largura e 300 metros de comprimento. Vamos explicar o mais simplesmente possível como foram construídas estas abóbadas por M. Limousin. Deve-se o seu estudo ao engenheiro M. Freyssinet, antigo engenheiro de Pontes e Calçadas, autor do processo tam original do levantamento do cimbri aplicado à construção da ponte de Villeneuve-sur-Lot.

Em cada plataforma longitudinal de fundação, enterada a 2 metros de profundidade, principiou-se a construção da abóbada, em 2 metros de altura sòmente, por meio de cofragens de pranchas que um guindaste colocava em posição; os ferros salientes desta primeira fiada eram destinados à ligação com a seguinte.

Quando se concluíram estes dois primeiros muros paralelos desposando já a forma estranha da abóbada, foram sobrepuzados dum outro, constituindo a segunda porção da abóbada, elevando-se desta vez a 17 metros de altura. A cofragem exterior era ainda feita de quadros móveis; mas a cofragem interior foi construída em madeira, numa única massa da largura dum perfil Zorès e de tóda a altura do muro; quando um perfil estava terminado, desmontavam-se os quadros da cofragem exterior, mas a cofragem interior era simplesmente deslocada e conduzida em face do elemento seguinte.

Êste deslocamento não podia operar-se nas condições normais, pois que era preciso primeiramente retirar a cofragem da porção de abóbada construída, levá-la em se-

guida para a frente e introduzi-la finalmente no elemento Zorès seguinte.

Neste desenho, a cofragem foi instalada num andaime móvel sôbre dois carris perpendiculares ao eixo do *hangar*, trazidos por uma plataforma em betão, PP (fig. 119). Era pois fácil operar a retirada da cofragem ocupando a posição Z da figura, para o levar à posição pontuada, tendo o andaime passado da posição A à posição B. Não resta mais do que empurrar a plataforma P sôbre a via férrea RR estabelecida ao longo da abóbada até que ela esteja em frente do elemento Zorès seguinte e introduzir a cofragem neste elemento fazendo avançar o andaime de B para A.

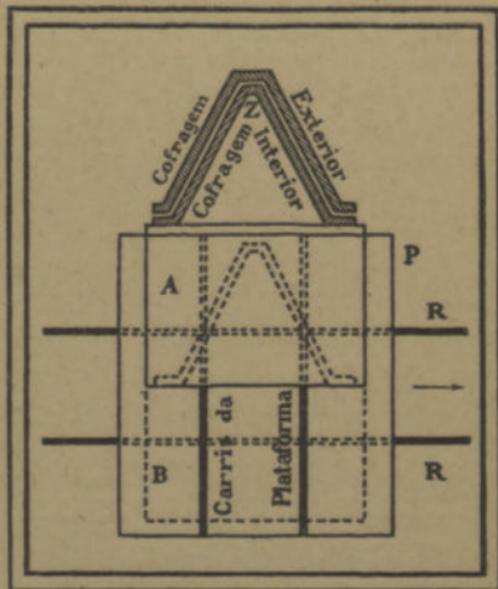


Fig. 119. — Vista em planta da plataforma de cimento armado que serviu para construir a abóbada até uma altura de 17 metros.

A construção da abóbada, em 17 metros de altura, prosseguiu-se

assim muito regularmente sôbre todo o comprimento do *hangar*, dos dois lados ao mesmo tempo.

Restava terminar a abóbada, quer dizer, ligar os dois muros de 17 metros. No processo empregado não faltou nem elegância nem audácia, porque a operação fez-se duma só vez em altura, mas por etapas sucessivas em largura, representadas cada uma pela extensão dum elemento Zorès, seja 7^m,50.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

M. Freyssinet contentou-se em modificar o processo precedente fazendo suportar a cofragem interior por um cimbra enorme construído de madeira, da dimensão interior da abóbada, que se abaixava para retirar a cofragem da parte reentrante e que se fazia em seguida avançar sobre carris, como precedentemente, para o conduzir de baixo do elemento seguinte.

Para êste efeito, o cimbra era suportado em cada uma

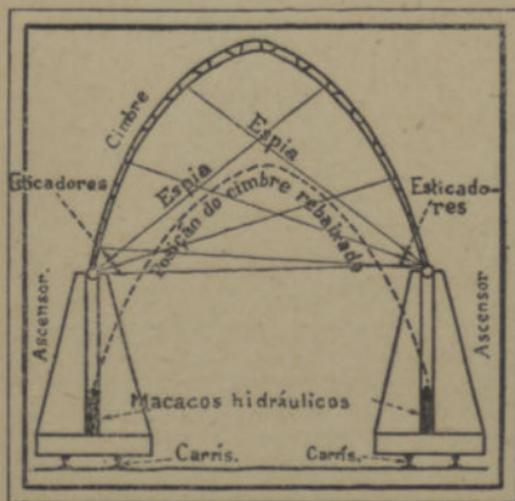


Fig. 120. — Desenho esquemático em que se vê o cimbra transportado pelos ascensores e macacos de manobra.

das suas extremidades (fig. 120) por um enorme ascensor de betão armado provido, na sua base, dum macaco hidráulico. Tendo o êmbolo dos macacos um curso de 1^m,85, procedia-se à elevação por etapas sucessivas. No fim da primeira etapa, estando os êmbolos no fundo do seu curso, imobilizavam-se os cimbres à altura adquirida pelos enormes pranchões enterrados na alvenaria dos ascensores, depois reconduziam-se os êmbolos à parte inferior do seu curso. Sobre cada um dêles colocava-se em seguida um pranchão de 1^m,85 de altura que enchia por consequência o espaço vazio entre o êmbolo e a base do cimbra, e faziam-se funcionar pela segunda vez os dois macacos cujos êmbolos se encontravam de certo modo prolongados duma quantidade igual à sua própria altura.

O cimbra podia ser de novo elevado de 1^m,85 no fim da segunda fase da operação. Neste momento, repetia-se a

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES

manobra precedente juntando-lhe um novo pranchão de 1^m,85 sôbre o primeiro e assim seguidamente até que o cimbre tivesse atingido a sua altura definitiva. Para o descer usava-se do mesmo processo, mas praticado em sentido inverso.

O cimbre, tornado assim móvel no sentido vertical, também o era horizontalmente, pois que cada um dos ascensores estava montado em carris; bastava empurrá-los. Finalmente para colocar a cofragem numa posição rigorosamente exacta sôbre o elemento Zorès a construir, actuava-se sôbre espias, entrecruzando-se no interior do cimbre e fixadas numa parte e noutra da sua base. Macacos de mão permitiam ainda exercer uma acção sôbre as plataformas dos ascensores para completar o princípio da operação.

Estando a cofragem interior em posição, utilizavam-se quatro guinchos montados sôbre plataformas laterais suportadas pelo próprio cimbre para subirem os ferros da armadura, o betão e pôr em posição os quadros da cofragem exterior. As cofragens eram em seguida fortemente ligadas por lajas de cimento para manter o afastamento requerido entre elas. Estas lajas ficaram incorporadas na abóbada.

Não podendo a argamassa de cimento ser piloadada num espaço tam estreito como aquele delimitado pelas cofragens, foi todavia calcado por meio de martelos pneumáticos batendo sôbre a parede da cofragem exterior.

Estas duas enormes construções são cada uma delas iluminadas por 2.428 caixilhos envidraçados distribuidos pelas faces planas exteriores de cada elemento. Na parte superior da abóbada, de cada lado da linha de cumieira, são instalados lanternins de ventilação de 0^m,50 de altura e 10 metros de comprimento. A-fim-de permitir o acesso de tôdas as partes da superfície dos balões, fixou-se, no intradorso da abóbada, cinco carris de rolamento que poderiam ser utilizados para a instalação de pontes móveis e cinco passadiços de 1 metro de largura por 2 metros de altura, suspensos uns dos outros aos elementos espessos da abóbada e em todo o seu comprimento.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Esta abóbada não é duma espessura uniforme ; na base as partes planas têm $0^m,345$ e $0^m,20$ no vértice ; as partes oblíquas têm somente $0^m,155$ na base e $0^m,09$ na cumieira.

Finalmente quatro escadas, igualmente em cimento armado, de 275 degraus cada uma, repartidas simetricamente ao longo das paredes internas de cada *hangar*, são alojadas em espaços ôcos formados pelo intervalo compreendido entre duas nervuras do perfil ; permitem o acesso aos passadiços.

Foi necessário retirar 9.600 metros cúbicos de desaterros para a construção de cada *hangar*. Na construção entraram 11.000 metros cúbicos de cimento, 580 toneladas de aço para a armadura e 3.800 metros quadrados de vidro armado para as janelas.

AS CHAMINÉS DAS FÁBRICAS. ✚ ✚ Pode-se bem confessar que as chaminés das fábricas são construções importantes. Plantadas no solo como círios, levantam-se apuradas até alturas vertiginosas e sustentam-se sòlidamente sôbre a sua base embora chicoteadas pelos ventos mais violentos.

A chaminé define a fábrica. Quanto mais larga e alta fôr, melhor ela permitirá que as caldeiras, cuja tiragem assegura, devam uma grande quantidade de carvão, critério certo da importância dum estabelecimento. Por consequência uma chaminé deve ser alta para aumentar a depressão indispensável à tiragem. Em seguida deve elevar-se acima das construções vizinhas para subtrair a caldeira à acção dos redemoínhos aéreos ; o lugar que ela ocupa numa paisagem deve ser pois meticulosamente determinado. Finalmente, pede-se-lhe ainda o elevar o mais alto possível na atmosfera os fumos e os gases nocivos que ela veícula e que as correntes aéreas arrastarão ao longe diluindo-se. É assim que em certas fábricas de produtos químicos foi preciso construir, desde as fornalhas, canalizações elevando-se até ao vértice duma colina vizinha onde uma chaminé despeja no exterior os resíduos gasosos.

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES

O diâmetro interior desempenha igualmente um papel muito importante, pois que, dêle, depende o volume dos gases capazes de nela circularem durante a unidade de tempo. A secção é sempre calculada de tal maneira que um metro quadrado corresponda a um consumo de carvão de 400 a 500 quilogramas por hora.

Eis a razão porque as chaminés das fábricas são largas e altas.

A espessura da alvenaria é determinada unicamente pela acção do vento. É preciso, com efeito, que pelas mais violentas tempestades esta alvenaria não sofra qualquer esforço de tracção, razão porque tôdas as chaminés têm a forma cónica.

As fundações descem sempre até ao terreno muito resistente. Quanto à construção em si, não apresenta qualquer dificuldade. Estabelece-se uma plataforma no próprio interior da chaminé e que se eleva ao mesmo tempo que aquela cresce em altura. Nesta plataforma instala-se um guincho destinado ao transporte dos materiais. Ao mesmo tempo instala-se definitivamente uma escada de ferro que serve de via de acesso aos operários e será em seguida utilizada para a visita da construção.

Actualmente, as chaminés das fábricas são geralmente construídas em cimento armado; neste caso, as fundações reduzem-se a uma larga sapata de betão que assegura uma boa estabilidade ao edificio. Ligam-se em seguida as cofragens interior e exterior e, depois de terem sido postos no lugar os ferros anulares e verticais da armadura, deita-se-lhe o betão que se piloa fortemente. Mas as cofragens feitas geralmente em chapa não permitem senão uma construção rigorosamente cilíndrica, como as de Ouest-Lumière em Puteaux, que têm 90 metros de altura e deixam aparecer exteriormente os traços dos manchões de cofragem. De aspecto mais frágil que as majestosas chaminés de tejos, são no entretanto tam resistentes como elas.

Para evitar a forma cilíndrica a que a vista se habitua mal, um engenheiro, M. Monnoyer, imaginou moldar no

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

local, antes da montagem, grandes tejos de cimento armado, semelhando os fechos de abóbadas, que permitem construir estas chaminés como as de tejos. Estes tejos têm $1^m,35$ de comprimento e $0^m,26$ de altura; a sua espessura diminue à medida que a chaminé se levanta. Cada um dêles tem na sua extremidade uma cabeça saliente semi-cilíndrica, ôca interiormente, para lhe dar a forma vaga dum gancho no qual se liga a extremidade do tejo vizinho.

Este dispositivo dá às chaminés Monnoyer o aspecto original dum fruto de nervuras verticais algumas vezes rodado, a uma certa altura, dum reservatório de água construído simultâneamente.

Uma das mais altas chaminés de que se fala foi construída há anos no Estado de Montana, nos Estados Unidos. Mede 106 metros, e o seu diâmetro interior é de $5^m,40$. É formada até uma certa altura, de dois tubos de alvenaria concêntricos, deixando entre si um espaço anular de 10 centímetros de espessura. No cimo dêste dúplo involucro, a chaminé continua-se como nas chaminés ordinárias. O involucro interior protege o outro contra os efeitos do calor, enquanto que o involucro exterior protege o primeiro contra todo o resfriamento brusco de temperatura. Estes tubos são feitos em betão de cimento armado.

Cita-se ainda como muito alta chaminé, — talvez a mais elevada do mundo, — a das fábricas americanas de Anaconda, que tratam os minerais de cobre. A sua altura é de $178^m,30$, o seu diâmetro na base de $22^m,85$ e no vértice de $18^m,30$. A espessura da parede é de 2 metros na base e de $0^m,60$ no vértice. Pode evacuar 100.000 metros cúbicos de gás por minuto.

No Japão foi construída uma chaminé quási tam alta para as fábricas metalúrgicas de Saganosaki. A sua altura é de $167^m,65$ e o seu diâmetro, no vértice, de $8^m,40$.

A ESTAÇÃO DE TELEGRAFIA SEM FIOS DE SAINT-ASSISE. ❖ ❖ Só falaremos aqui da antena desta estação. É a mais importante de tôdas as que existem, e a

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES

sua construção merece figurar em bom lugar no número dos grandes trabalhos executados pelos engenheiros. A estação continental de Saint-Assise comporta um único pilar de 250 metros de altura; mas a estação transcontinental é equipada com uma antena feita de vinte fios de cobre elevados a 250 metros sobre dezasseis pilares metálicos, quer dizer a uma altura quasi igual à da Torre Eiffel. Vamos estudar muito particularmente este novo género de construção metálica.

São vigas em *treillis* de secção quadrada de 2 metros de lado, assentando sobre um maciço de betão. Cada uma delas é dividida em sete partes ou *blocagens* cuja altura é igual à distância compreendida entre duas corôas sobrepostas de espias. Cada blocagem subdivide-se em tramos de 8 metros; e a do vértice só tem 3^m,92. Uma viga compreende três blocagens de quatro tramos e quatro de cinco tramos; a altura total é pois exactamente de 251^m,92.

O tramo é constituído por quatro banzos, feitos cada um deles de duas cantoneiras, ligadas entre si por cruzetas aparafusadas.

O pilar termina-se na base por quatro peças de ferro quadrado ligadas aos banzos e enterradas a 0^m,40 num maciço de betão cuja importância pode variar para cada pilar, pois que depende da resistência do solo.

Uma escada vertical interior com patamares de repouso todos os 25 metros dá acesso a uma plataforma de vértice alargada dum lado e da outra por uma sacada de 0^m,60. Duas roldanas constituem o mecanismo empregado para elevar ou abaixar a travessa que suporta a antena.

Estes pilares são espiaados para lhe permitir resistir aos esforços de tracção da antena e à acção do vento. As espias são cabos de aço terminados dum lado e do outro por um anel que permite amarrá-los ao pilar e aos maciços de ancoragem. Como o mostra a figura 121, cada pilar comporta sete corôas de quatro espias cujo comprimento total atinge 4.600 metros por pilar, seja 74 quilómetros para os dezasseis pilares da antena. As sete corôas de espias são ancora-

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

das a doze maciços de betão, dispostos segundo as diagonais do pilar às distâncias respectivas de 125, 90 e 45 metros. Nota-se, no exame da figura, que duas corôas de espias são ancoradas a quatro maciços sòmente; cada um dêstes maciços serve pois de retenção a duas espias.

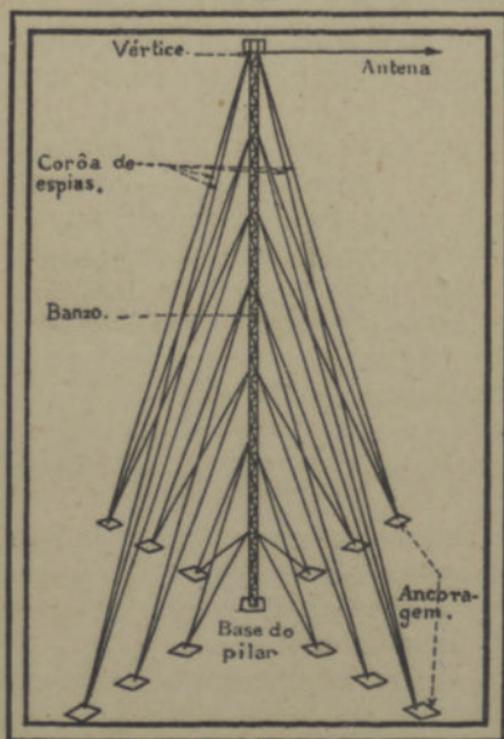
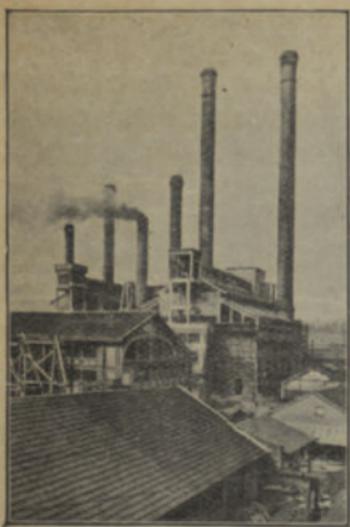


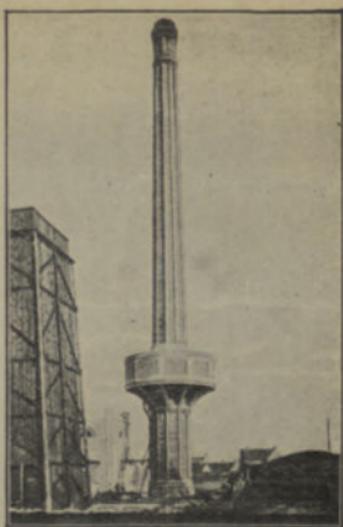
Fig. 121. — Um pilar de 250 m. e as suas espias.

São enormes monolitos de betão com ferragens, das quais uma, o *somero*, sai apenas à superfície do maciço e recebe o pé dos esticadores, bem visíveis sòbre uma das nossas fotografias. Os maciços de ancoragem mais afastados da base do pilar (a 125 metros) têm um volume de $34^m,36$; os seguintes $18^m,38$ e os mais aproximados $21^m,33$. O conjunto dos maciços de ancoragem dum único pilar comporta mais de 300 metros

cúbicos de betão, seja para os dezasseis pilares da estação transcontinental 5.000 metros cúbicos. A colocação no lugar das espias efectua-se durante a montagem do pilar. Desde que se terminou uma blocagem, espia-se provisoriamente com cabo de aço resistindo a 5 toneladas à ruptura, em seguida desenrolam-se as quatro espias sòbre o solo entre o pilar e os maciços de ancoragem tomando grande cuidado em não as torcer. Depois de ter co-



CHAMINÉS DA COMPANHIA
QUEST-LUMIÈRE, EM CIMENTO



CHAMINÉ EM CIMENTO
ARMADO



AEROPÔRTO DE VILLENEUVE-ORLY
Os dois hangares no princípio dos trabalhos.



A ESTÁTUA DA LIBERDADE NA ENTRADA DO PÔRTO DE NOVA-YORK

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES

locado no seu lugar os isoladores de forma ovóide que seccionam as espias para limitar as perdas eléctricas nas partes metálicas, fixam-se as boleias às extremidades (ver a fotografia) e os esticadores nos someiros de ancoragem. Não resta mais do que içar, com o cadernal, a extremidade livre da espia a um suporte de amarragem.

Quando as quatro espias duma blocagem estão colocados, regula-se a tensão actuando sobre os esticadores.

Os dezasseis pilares que sustentam a antena são colocados sobre duas fileiras de oito, a 400 metros de distância

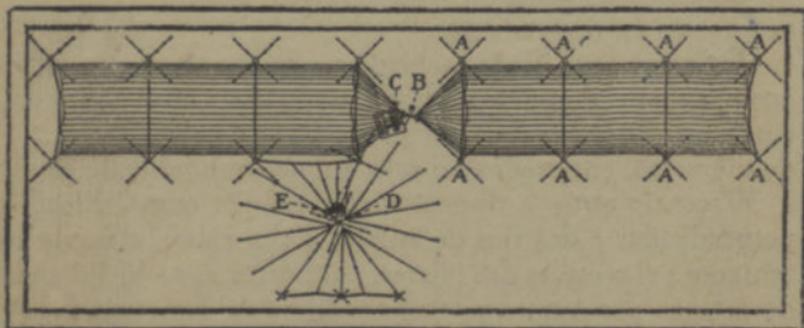


Fig. 122. — Centro de emissão de Sainte-Assise.

Estação transcontinental. — A. Pilar espiado de 250 metros. B. Pilar espiado de 50 metros para retenção das descidas da antena. C. Edifício de emissão.

Estação continental. — D. Pilar espiado de 250 metros. E. Edifício de emissão.

um do outro. Esta antena é feita de dois feixes de vinte fios estendendo-se cada uma sobre oito pilares (fig. 122). Os fios mais aproximados dos pilares têm sete milímetros de diâmetro e estão a uma distância de 27 metros. Os outros, de 4^m,7 de diâmetro, estão situados a uma distância crescente desde os fios exteriores até ao meio do feixe, aumentando de 2 metros dum fio ao outro : 10, 12, 14, etc., até 28 metros. O comprimento de cada fio, compreendendo a descida, é de 1.400 metros por cada semi-antena. O total por cada antena completa é de 60 quilómetros.

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

Os fios são mantidos por travessas em fio de aço estendidas transversalmente entre dois pilares opostos. Cada uma destas travessas sustém em quatro pontos, por intermédio de cadeias de isoladores, uma travessa secundária, igualmente em fio de aço, sôbre a qual são fixados os fios da antena. Estes encontram-se pois perfeitamente isolados dos seus suportes.

Cada uma das duas antenas termina-se por uma descida composta igualmente de vinte fios reunindo-se à cabeça dum pequeno pilar de 50 metros de altura ; de lá dois colectores de antena, um para cada um dêles, descem no interior dos postos correspondentes.

Todos os sem filistas sabem que uma antena é sempre acompanhada duma tomada de terra. Esta é constituída, em Saint-Assise, por uma rêde de fios de cobre de 1mm.5 de diâmetro, enterrados no solo a uma profundidade de 20 a 30 centímetros e dispostos sob o feixe numa direcção perpendicular à dos fios de antena. Doze cabos aéreos sustentados pelas espigas dos pilares, por postes, e, na vizinhança da estação por quatro pilares metálicos de 7 metros de altura e por o de descida dos colectores de antenas, repartem a corrente de terra pelos diferentes pontos da rêde enterrada.

O FAROL DE FASTENET. ❖ ❖ Muito interessante pela sua posição e pela sua construção, êste farol tira o seu nome do rochedo de Fastenet, situado na ponta Sudeste da Irlanda, sôbre o qual se eleva.

Uma parte do rochedo foi demolida e substituída por uma alvenaria de blocos de granito que constitue o envasamento do farol e se eleva a 16 metros de altura com um diâmetro de 20 metros. Acima do maciço eleva-se o farol, que mede 54 metros de altura contados até ao nível inferior da lanterna. É igualmente de alvenaria de blocos granito tirado das pedreiras de Cornwall, talhados na própria pereira e ligados no local antes do seu transporte. Na construção desta tôrre entraram 2.074 blocos, pesando 4.300 toneladas.

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES

Para as conduzir ao local do emprêgo, foi preciso construir um navio especial que, na impossibilidade de atracar o rochedo, ficava a 40 metros de distância. Este navio era provido dum potente guindaste que elevava os blocos até uma certa altura para os passar a um transportador aéreo que os depositava sôbre o rochedo. Do local de construção uma cámbria, móvel em todos os sentidos, tomava de seguida cada bloco e depositava-o no local que devia ocupar.

A instalação interior do farol não deixa nada a desejar. Teve-se o cuidado de não esquecer, com efeito, que os três guardas que o habitam estão algumas vezes isolados de terra firme durante longas semanas, em virtude das tempestades tornarem inabordável a ilha. A provisão de água doce é contida numa cisterna de 13.000 litros estabelecida na parte baixa do farol.

A porta de entrada está a 20 metros acima das mais altas águas : ali se sobe por escadas talhadas na rocha. A partir desta porta, o farol divide-se em seis andares servidos por uma escada interior em espiral que se termina junto da lanterna. Os armazens de viveres, as reservas de óleo, são contidas nos quatro primeiros andares, assim como o contrapêso do mecanismo que acciona a lanterna.

A lanterna é encerrada numa cúpula metálica envidraçada que corôa o edifício. A potência total dos focos é de 750.000 velas e o fogo é constituído por um único brilho, duma duração dum quinto de segundo, aparecendo todos os cinco segundos.

A construção do farol de Fastenet exigiu quatro anos de trabalho, duração imposta pelas tempestades que suspendiam a actividade dos locais de trabalho ; custou 2.100.000 francos.

A ESTÁTUA DA LIBERDADE. ❖ ❖ Terminaremos este capítulo e ao mesmo tempo o nosso pequeno livro lembra à memória dos que se tivessem esquecido a obra do escultor Bartholdi : *a Liberdade iluminando o mundo*, que

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

se eleva à entrada do pôrto de Nova-York, simbolizando uma amizade que foi sincera e desinteressada.

A estátua mede 46 metros de altura. M. Eiffel calculou o esqueleto de ferro e MM. Gaget e Gauthier executaram o involucro exterior, todo em cobre martelado.

Este involucro comporta trezentas fôlhas de cobre, ligadas por meio de rebites ou por soldaduras, tendo de 1 a 3 metros quadrados de superfície. O pêso total dêste metal é de 80.000 quilos. No interior da armadura metálica, 120.000 quilos asseguram a rigidez do involucro, que pode no entretanto dilatar-se em todos os sentidos, as pregas do vestuário prestando-se ao trabalho do metal e a armadura sustentando o conjunto por intermédio de mísulas que deixam um certo jôgo favorável à dilatação. O ferro e o cobre, em nenhuma parte em contacto directo um com o outro, são ligados por meio de isolantes para evitar as acções químicas que se produziriam sôbre a acção do ar marítimo. Depois de ter sido montada em Paris, a estátua foi desmontada, transportada num navio e reconstituída em seguida no seu local definitivo.

Foi-nos necessária para a redacção desta obra uma documentação muito abundante. Retirámos da *Histoire de l'Art dans l'Antiquité*, de MM. Perrot e Chipiez e sobretudo nos *Travaux publics, les Mines et la Métallurgie aux temps des Romains*, de M. A. Léger, a maior parte das informações contidas na nossa parte histórica.

O *Atlas Croizette-Desnoyers*, a obra de M. F. Bonnet, engenheiro-chefe das Pontes e Calçadas, sôbre as *Barragens*, os cursos da Escola especial dos Trabalhos públicos, biblioteca da Escola de Pontes e Calçadas, prestaram-nos um grande auxilio para tudo o que diz respeito aos estudos teóricos. Mas tivemos de pedir auxilio às grandes revistas: *Science et Vie*, *Cosmos*, *Nature*, e sobretudo à *Engineer* e ao *Génie Civil* para o estudo das obras modernas mais importantes. O melhor acolhimento nos foi igualmente reservado nas *Entreprises Limousin et Cie* e *L. Chagnaud*.

Pensamos assim, desta maneira, pagar uma dívida de gratidão contraída para com todos.

ÍNDICE DAS GRAVURAS

	Pag.
<i>ESTAMPA I</i>	
A estação do caminho de ferro Norte-Sul sob a praça das Abbesses	Frontespicio
<i>ESTAMPA II</i>	
As pirâmides e a Esfinge — Obelisco e ruínas do Templo de Luqsor.	8
<i>ESTAMPA III</i>	
Nîmes : as Arenas. — A ponte do Gard	9
<i>ESTAMPA IV</i>	
Roma : o Coliseu	24
<i>ESTAMPA V</i>	
Aqueduto de Segóvia. — Grande muralha da China	25
<i>ESTAMPA VI</i>	
A ponte Adolfo no Luxemburgo. — A ponte de Moerdijk	32
<i>ESTAMPA VII</i>	
Ponte do Forth. — Ponte de Québec em construção	33
<i>ESTAMPA VIII</i>	
Viaduto de Garabit. — Ponte Alexandre III	40
<i>ESTAMPA IX</i>	
Hill-Gate (Nova-York). — Viaduto do Vaur. — Ponte de Pesth no Danúbio	41
<i>ESTAMPA X</i>	
Ponte de báscula (Chicago). — Ponte transbordadora de Rouen	48

OS GRANDES EMPREENDIMENTOS

	Pág.
<i>ESTAMPA XI</i>	
Ponte de Saint-Pierre-du-Vauvray : arco depois do descimbramento. — Ponte de Saint-Pierre-du-Vauvray : tipo de ponte em arco de cimento armado. — Ponte de Villeneuve-sur-Lot . . .	49
<i>ESTAMPA XII</i>	
Canal de Suez. — Canal de Panamá	64
<i>ESTAMPA XIII</i>	
Canal de Kiel. — Canal de Marselha ao Ródano	65
<i>ESTAMPA XIV</i>	
Reservatório de S. Francisco. — O dique dos Settons	80
<i>ESTAMPA XV</i>	
Estaleiro das éclusas de Gatun. — Saint-Étienne : Rochetaillée, a barragem	81
<i>ESTAMPA XVI</i>	
Barragem do Nilo. — Barragem de Assuan.	88
<i>ESTAMPA XVII</i>	
Barragem de Croton. — Barragem Boise (Idaho). — Barragem de Belle-Isle-en-Terre	89
<i>ESTAMPA XVIII</i>	
O pôrto do Havre. — Bordeus : vista da bacia tomada da Tôrre	104
<i>ESTAMPA XIX</i>	
O velho Marselha e a ponte transbordadora. — Marselha : construção do novo dique	105
<i>ESTAMPA XX</i>	
O pôrto de Londres. — O pôrto de Antuérpia	112
<i>ESTAMPA XXI</i>	
O pôrto de Hamburgo. — O pôrto de Nova-York	113
<i>ESTAMPA XXII</i>	
O túnel do Monte Cenis. — O túnel de S. Gotardo	128
<i>ESTAMPA XXIII</i>	
O túnel do Simplon. — O túnel Rove (vista tomada em Dezembro de 1922)	129
<i>ESTAMPA XXIV</i>	
Praça da Ópera durante os trabalhos do Metropolitano. — Os caixões do Metropolitano na praça Saint-Michel	144

ÍNDICE DAS GRAVURAS

Pág.

ESTAMPA XXV

O grande caixão do Metropolitano da praça Saint-Michel. — A entrada dos dois túneis circulares para a travessia do Sena pelo caminho de ferro do Norte-Sul 145

ESTAMPA XXVI

Transporte por água dum caixão destinado à travessia do Sena. — Máquina de colocar as aduelas nos subterrâneos do Metropolitano 161

ESTAMPA XXVIII

A Torre Eiffel em construção. — Os « arranha-céus » de Nova-York 168

ESTAMPA XXIX

Vista geral dos pilares da estação de T. S. F. de Saint-Assise. — Amarração dum espia sobre o seu maciço de betão. — Pilar de 250 metros completamente instalado 16

ESTAMPA XXX

Chaminés da Companhia Ouest-Lumière em cimento. — Chaminé em cimento armado. — Aeropôrto de Villeneuve-Orly . . 182

ESTAMPA XXXI

A estátua da Liberdade na entrada do pôrto de Nova-York . . 183



ÍNDICE DO TEXTO

	Pág.
PREFÁCIO	5
<i>CAPÍTULO PRIMEIRO</i>	
AS CONSTRUÇÕES ANTIGAS	
As pirâmides. — Tebas. — Nínive. — Babilónia. — A Grécia. — Os Romanos, estradas, pontes, aquedutos, portos. — A Grande Muralha da China	7
<i>CAPÍTULO II</i>	
AS PONTES.	
Pontes de alvenaria. — As pontes metálicas de vigas rectas, de arcos. — Pontes cantilever. — Pontes pênsis. — As grandes pontes de Nova-York. — Pontes de betão armado e não armado	27
<i>CAPÍTULO III</i>	
OS CANAIS.	
Definições e generalidades. — Eclusas. — O canal de Suez. — O canal do Panamá. — O canal de Kiel. — O canal de Marselha ao Ródano.	53
<i>CAPÍTULO IV</i>	
AS BARRAGENS.	
Definições e generalidades. — Barragens de terra. — Barragens mistas. — Barragens de alvenaria. — As maiores barragens do mundo. — Barragens de betão armado	73

ÍNDICE DO TEXTO

Pág.

CAPÍTULO V

OS PORTOS.

Definições e generalidades. — Marselha : Construção do novo dique. — O Havre. — Londres. — Antuérpia. — Roterdão. — Hamburgo. — Nova-York. — Sydney. — Hong-Kong . . . 95

CAPÍTULO VI

OS TÚNEIS.

O Monte Cenis. — O S. Gotardo. — O Simplon. — O Loetschberg. — O Rove 126

CAPÍTULO VII

OS METROPOLITANOS.

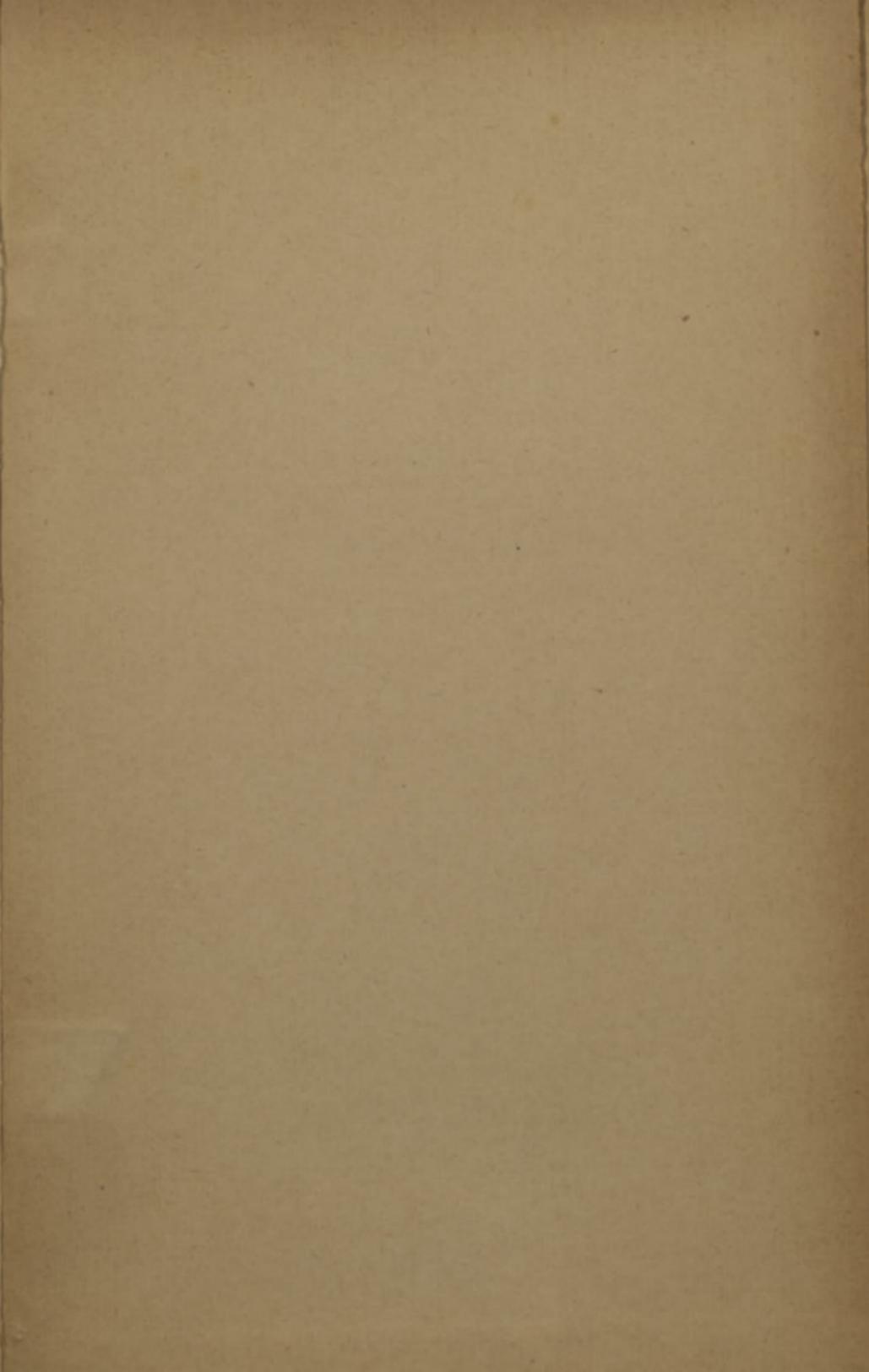
O Metropolitano de Paris. — Os caixões da travessia do Sena. — Os escudos. — O monolito da praça da Ópera. — A estação das « Abbesses » do caminho de ferro Norte-Sul. — Os subterrâneos de Nova-York 143

CAPÍTULO VIII

AS CONSTRUÇÕES GIGANTES.

A Torre Eiffel. — Os arranha-céus de Nova-York — Os « hangares » do pôrto aéreo de Villeneuve-Orly. — As chaminés das fábricas. — A antena de T. S. F. da estação de Saint-Assise. — O farol de Fastenet. — A estátua da Liberdade de Nova-York 166







RÓ
MU
LO



CENTRO CIÊNCIAS DA
UNIVERSIDADE COIMBRA

1329697121

