

# 1<sup>AS</sup> JORNADAS DE ENGENHARIA CIVIL

*16 a 26 Novembro 1976*



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

# CONSTRUÇÃO CIVIL INDUSTRIALIZADA

por J. S. BRAZÃO FARINHA  
(Professor do I.S.E.L.)

## SUMÁRIO

— CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PROCESSOS TRADICIONAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA EVOLUÇÃO PARA OS ADAPTAREM ÀS DIFERENTES CONDIÇÕES ECONÓMICAS. NOVOS PROCESSOS, DENTRO DA TÉCNICA INDUSTRIALIZADA, E REVISÃO DOS MÉTODOS DE TRABALHO.

## INDUSTRIALIZED CIVIL CONSTRUCTION

### SUMMARY

CONSIDERATIONS ABOUT THE TRADITIONAL METHOD OF CIVIL CONSTRUCTION AT ITS EVOLUTION TO BE FITTED TO THE VARIOUS ECONOMIC CONDITIONS. NEW METHODS WITHIN THE INDUSTRIALISED TECHNOLOGY AND REVISION OF THE METHODS OF WORK.

## CONSTRUCTION CIVILE INDUSTRIALISÉE

### SOMMAIRE

CONSIDÉRATIONS SUR LES MOYENS TRADITIONNELS DE CONSTRUCTION CIVILE ET LEUR ÉVOLUTION POUR ÊTRE ADAPTÉS AUX DIFFÉRENTES CONDITIONS ÉCONOMIQUES. NOUVEAUX PROCÈS, DANS LA TECHNIQUE INDUSTRIALISÉE ET RÉVISION DES MÉTHODES DE TRAVAIL.

Por "construção civil" designamos a actividade humana relacionada com a construção de edifícios, sejam destinados a habitação ou a certas actividades, como escritórios, hotéis, escolas, hospitais, etc. A construção de instalações fabris é designada por construção industrial.

1 — A construção civil tem mantido, na sua generalidade, uma actuação de tipo "artesanal", entendendo por tal designação a produção por encomenda, executando modelos diferentes, incorporando muita mão-de-obra com pequeno recurso à utilização de equipamento electro-mecânico. Várias razões concorreram para isso, por um lado o tradicional individualismo que se imprimia à habitação, de acordo com o gosto do proprietário. Por outro lado, a variabilidade e instabilidade do mercado e dos recursos disponíveis.

Numa fase mais recuada a actuação dos projectistas era muito reduzida, limitava-se aos elementos gerais do projecto e a indicações que iam dando aos construtores, à medida das necessidades da obra. Os prazos de execução não eram tidos em grande conta.

A construção de habitações tinha então um carácter regional, através de organizações ligadas ao emprego dos materiais locais. A mão-de-obra era abundante, aproveitando as pausas das lides agrícolas, que ocupava grande massa da população. Os operários especializados faziam a sua aprendizagem segundo métodos tradicionais que exigiam uma longa prática, e que eram transmitidos de geração em geração.

Esses operários recebiam a sua formação com vista ao trabalho de determinado material, a pedra, a argamassa, a madeira, o ferro, o chumbo, o zinco, a ardósia. Treinavam-se no uso das ferramentas adequadas ao exercício da sua profissão, e que individualmente lhes pertencia.

Eles dispunham de tempo e de liberdade para organizar o seu trabalho, de acordo com a sua cadência natural. Os operários trabalhavam com amor à sua profissão tinham espírito de iniciativa e cada um deles trabalhava com consciência profissional determinados na realização de uma obra bem feita, que representava a sua própria obra. Tempos houve em que, por exemplo, cada canteiro assinalava a sua marca nas pedras que trabalhava.

Tudo isto caracterizava um tipo de homem, marcadamente individualista, e um tipo de vida estabilizada.

2 — A situação atrás referida foi modificada com a industrialização dos transportes (ferroviários e por estrada) que tomou técnica e economicamente viável o intercâmbio de materiais de construção civil entre as regiões, destruindo o equilíbrio de interesses anteriormente existente.

Isso tornou possível, nomeadamente, a generalização do emprego do cimento e a utilização, cada vez maior, do betão armado. Esta utilização foi também o resultado da criação de métodos industrializados para o fabrico, transporte e colocação deste último material, que permitiram passar a alcançar, sistematicamente, (e empregando menos mão-de-obra) prazo e preços inferiores aos anteriormente conseguidos com a utilização de alvenaria de pedra. Com efeito, a extracção, o transporte e a colocação deste material em obra, entre outros casos que podiam referir-se, exige larga aplicação de mão-de-obra especializada.

Tornou ainda possível o desenvolvimento da préfabricação ligeira, que pôs à disposição dos construtores certos elementos de série, para pavimentos e cobertura de edifícios, serralhas, portas, janelas e mobiliário de cozinha, etc.

Esta situação, aliada à maior complexidade das obras devido à exiguidade dos prazos, e ao maior número de instalações de diversa natureza, e de materiais a aplicar, transformou a organização tradicional da construção civil. Esta passou, de instituição fortemente centralizada, que tudo executava, para uma organização descentralizada, constituída por gabinetes de estudo especializado e sub-empreiteiros independentes. Começou a impor-se a necessidade de planeamento para possibilitar adequada coordenação entre os diversos intervenientes.

Paralelamente, verificou-se uma modificação das condições de vida existentes, na medida em que, em muitos países, começou a orientação para a produção industrial.

Esta actividade concentra-se nas cidades, e oferece a possibilidade de ocupar mão-de-obra não especializada, encarregando-se da respectiva formação acelerada oferecendo salários que ultrapassam os praticados na construção civil.

A comodidade de um trabalho permanente, em bom local atraiu para as cidades as populações rurais mais jovens que sobravam das lides agrícolas que também passaram, em parte, a ser mecanizadas.



Deixou de haver muitos interessados no antigo tipo de aprendizagem com longo período sem remuneração e até muitos bons profissionais trocaram de actividade.

Todavia a situação dos mercados e dos capitais disponíveis manteve a sua estrutura.

No nosso País, dos capitais gastos na construção civil na década 1960-1970, 92% destinavam-se à procura privada e 8% às entidades oficiais. Ora não há dúvida que os capitais daquela origem são mais fortemente condicionados pela viabilidade do crédito, em face do quadro geral da política financeira. Sempre que se verificava qualquer dificuldade, a construção civil acusava discontinuidade na sua evolução.

Por outro lado, a impossibilidade de actualização das rendas face a uma forte desvalorização da moeda, que se seguiu à 1.ª guerra mundial, desalentava naturalmente a aplicação da poupança individual na construção civil.

A incerteza dos mercados reflectia-se no tipo de organizações e, deste modo, na data do 1.º inquérito industrial existiam no nosso País 3582 empresas de construção que tinham, em conjunto, 3847 dirigentes e 3149 empregados, ou seja em média, cerca de 1 dirigente e um empregado por empresa.

3 — A época actual tem problemas próprios, resultantes do grande aumento da população do Mundo (duplicação por períodos de cerca de 40 anos) e da obrigação social de resolver os problemas materiais básicos de todos os homens, pondo à sua disposição os bens indispensáveis a uma vida digna.

A maneira de conseguir tal objectivo é através da industrialização, que tem vindo a abranger cada vez mais actividades humanas, sendo a construção civil o último baluarte a conquistar.

Para conseguir tais resultados será indispensável, antes de mais nada, ter assegurado um mercado potencial suficiente para permitir à organização trabalhar com continuidade.

Considera-se viável montar uma indústria de construção civil com a certeza de um mercado mínimo inicial de 4000 a 5000 apartamentos executando anualmente cerca de 1000 apartamentos repetindo-se cada um deles pelo menos 150 vezes.

Esta questão prende-se, naturalmente, com a política nacional de investimentos, não sendo já possível deixar apenas à iniciativa privada o financiamento global necessário à resolução do problema da habitação, dados os montantes a dispendir e a prática impossibilidade de reembolso a médio prazo, contando só com os directos interessados.

O trabalho com continuidade é indispensável à organização, à mecanização e à fixação das pessoas nas Empresas. Ele está ligado ao problema mais geral da planificação da economia nacional.

Torna-se necessário dar a conhecer às Empresas, com razoável antecedência no tempo, qual será a política a adoptar no domínio da construção e quais os empreendimentos previstos. Sem a realização prática desta medida, as Empresas de construção progressivas, dificilmente poderão estruturar-se de modo conveniente, para poderem impulsionar as suas actividades.

Na realidade, a moderna Empresa, bem organizada em pessoal, instalações e equipamento, deixa de ter elasticidade para se adaptar aos caprichos do mercado, como era possível à antiga empresa artesanal. Ela não pode despedir os elementos mais activos nas épocas em que tem pouco trabalho ou, ao contrário, não pode aumentar, de maneira substancial, a sua capacidade de realização em épocas de euforia transitória do mercado.

Isso resulta de que uma organização do novo tipo não pode actuar por improvisação. Ela caracteriza-se por um certo património representado por cérebros, elementos impulsionadores e de acção, operários especializados, e por capital e equipamento que muito custa reunir, e que não pode ser alienado ou reorganizado em qualquer momento.

Esta inadaptação é já hoje perfeitamente compreendida em relação à indústria na sua generalidade e, por exemplo, todos compreendem que não é possível exigir a um estaleiro naval que inicie a construção de um navio alguns dias depois de assinado o contrato da respectiva construção, e no prazo imposto pelo armador. Tal exigência seria considerada absurda e nenhum estaleiro a poderia aceitar. Todavia, em relação à construção civil é uma atitude que hoje em dia muitos ainda tem por natural.

Nos estaleiros em que se trabalha dentro desta nova situação, as exigências quanto aos operários são bem diferentes das anteriormente referidas. Já não há lugar para o trabalho de um material, mas para a utilização de uma técnica. Já não existem ferramentas individuais, mas equipamento colectivo. Os operários tem um menor grau de iniciativa na organização do trabalho, e o seu esforço é mais sedentário e contínuo.

O trabalho é mais anónimo, menos pessoal, e a organização mais colectiva. O horário de trabalho é mais curto e mais compacto, sob disciplina mais rígida.

Notemos que o tipo de operário anteriormente referido, não desaparecerá em breve, porque a sua actividade, por dezenas de anos, ficará ligado à reparação, conservação e modernização das antigas construções existentes. Esse operário será mais nómada, terá que deslocar-se de umas obras para as outras, dentro de um horário de trabalho mais livre, mas mais prolongado. Existem, sem dúvida, homens e mulheres que se adaptam melhor a este regime de vida.

Dissemos já que a produção industrial implica com uma certa repetição isto é, não pode considerar-se a realização de um modelo único, embora possa executar qualquer modelo, desde que ele se repita um número interessante de vezes. Convém aqui salientar que a repetição que se refere diz respeito aos elementos de construção e não necessariamente ao conjunto dos edifícios.

Assinalemos que um edifício são assaz grandes, da ordem das dezenas de metros, portanto muito superiores ao que as fábricas costumam produzir. Há, deste modo, que sub-dividir o edifício em elementos mais pequenos, cujo transporte seja viável, e cuja ligação se possa processar, na obra, em boas condições. Dado o peso e o volume de uma construção, não é possível pensar na saída da fábrica, de edifícios já depois de completamente montados.

Além disso, a introdução do trabalho das máquinas só é rendável na produção de produtos iguais durante um período de razoável duração. É geralmente considerado que, nos trabalhos artesanais da construção, se obtém uma redução de custo de 10 a 20% quando se repete 10 vezes um mesmo trabalho. Nas actividades industriais este aspecto é naturalmente mais relevante, pois que não é possível uma organização económica do trabalho das máquinas e do pessoal se as tarefas a executar variarem constantemente.

Mas não é só na organização do trabalho que a repetição tem vantagens. É possível dispendir mais dinheiro no projecto — levando muito mais longe o estudo do que no caso de pequenas unidades que se não repetem. Daí um muito maior incentivo para a investigação e a experimentação, que a breve trechão dão os seus frutos, tanto no que se refere à economia como à melhoria da qualidade e ao prazo de execução.

Outra consequência deste aprofundamento poderá ser a utilização mais sistemática de novos materiais e de novas soluções como acontece nas outras indústrias, que impulsionam, constantemente, o progresso.

De acordo com o esquema apresentado, a industrialização dos edifícios comporta as seguintes funções: escolha de elementos simples, que se repetem, e são de fácil ligação; preparação do trabalho; execução destes elementos numa fábrica, cuidando-se da precisão do fabrico; transporte dos elementos; montagem no estaleiro com grande rapidez de execução; acabamentos finais, muito reduzidos em relação ao conjunto dos acabamentos dum edifício corrente.

Este programa exige a organização de empresas suficientemente equipadas e dispendo de serviços capazes de organizar e controlar a produção por forma a obter um aumento continuado da "produtividade", isto é, de conseguir a redução sucessiva da relação entre o custo global da obra e o salário médio anual.

Anotamos que este objectivo não poderá ser alcançado pelo cansaço e esgotamento físico dos operários e outros intervenientes. O que se pretende é uma constante aplicação da inteligência para simplificar as técnicas de execução e reduzir perdas de tem-

po. As maiores produções deverão corresponder melhores salários.

4 — De acordo com o referido, podemos acrescentar que, verificada a necessidade de ultrapassar a fase tradicional, por terem surgido novas situações económicas, a construção civil orientou a sua actuação de diversas maneiras:

4.1 — *Processos tradicionais evoluídos* que resultaram da introdução de uma certa mecanização nos processos tradicionais de construir, e colhendo simultaneamente os frutos de uma organização do trabalho.

A introdução das máquinas resulta em 1.º lugar, do embaatecimento que se obtém com a sua utilização, e, depois, com a necessidade de aliviar o homem de trabalhos especialmente pesados (como sejam escavações e o transporte dos produtos escavados, a amassadura do betão, a elevação dos materiais até aos diferentes pisos dos edifícios, etc.), permitindo reservar a acção do homem para as actividades mais inteligentes. Tal introdução está portanto directamente relacionada com o custo da produção e com a abundância de bens, com a dignificação do trabalho, com o aumento da produtividade e, finalmente, e como consequência disso, com a possibilidade de aumento do nível de vida geral se este movimento se processar, numa determinada época, em todos ou em muitos dos sectores das actividades produtivas.

Convém aqui referir que nos primeiros tempos da industrialização certas pessoas receavam que a aplicação generalizada das máquinas poderia conduzir ao desemprego. Os factos vieram provar que era exactamente o contrário que se verificava porquanto da utilização das máquinas resultam, conforme referimos, maiores produções e importantes reduções de custo. Os produtos industriais, mais baratos e mais aperfeiçoados, chegam para todos. Possibilitam e provocam portanto o aumento do consumo e cria-se uma cadeia que conduz à prosperidade geral e que permite reduzir os períodos de trabalho individual e ao mesmo tempo aumentar os salários.

A mecanização não é uma operação fácil, antes de mais por ser onerosa em 1.º estabelecimento e depois porque, para ser proveitosa, é indispensável organizar a sequência dos trabalhos tendo em conta a necessidade da utilização o mais permanente possível das máquinas. Deste modo, tal utilização tem que ser o fulcro de toda a organização do trabalho.

Assim, por exemplo, quando se pretendia executar uma venda por processo artesanal, que incluía a escavação manual de caboucos e de valas para o assentamento de canalizações, a equipa encarregada destes trabalhos, podia interromper a sua actividade, por exemplo, para ajudar no enchimento de uma parte dos referidos caboucos, ou para ajudar momentaneamente na montagem de uma barraca ou na descarga de um camião. Podia mesmo deixar para mais tarde a abertura das valas para o assentamento das canalizações, visto não ser simultânea a necessidade da conclusão da escavação dos caboucos e das valas.

Num caso semelhante, quando agora se utiliza uma valadeira para substituir a equipa da escavação manual, não é, em regra, possível a interrupção do trabalho da máquina para a sua utilização noutra tarefa, ou para adiar para mais tarde, por não ser de momento necessária, a execução de uma parte do trabalho. A máquina em referência é conduzida ao estaleiro por um período de tempo limitado, correspondente ao da duração da tarefa total prevista, sendo retirada logo a seguir. É indispensável que tudo, no estaleiro, esteja em condições de permitir dar satisfação a este tipo de necessidades no que se refere ao trabalho das máquinas.

Ora na construção civil é particularmente difícil esta organização do trabalho das máquinas. Compreende-se perfeitamente que, na construção de uma estrada, por exemplo, seja possível organizar com facilidade tal trabalho, por muito numerosas que sejam as máquinas, porque a obra estende-se em geral sobre grandes áreas e pode decorrer com independência o trabalho de umas máquinas em relação às outras. Apenas se exige a integração ou coordenação dessas diferentes parcelas do trabalho total.

Na construção civil o trabalho realiza-se concentrado numa área em geral reduzida, e as diversas tarefas não podem realizar-se com continuidade nem com independência. As dimensões dos

estaleiros, no caso de construções dentro de cidades, são por vezes insignificantes, e correntemente só podem ser aumentadas à custa da criação de limitações no trânsito dos arruamentos adjacentes.

Em compensação, por outro lado, é relativamente pequeno o número de máquinas muito caras que a construção civil normalmente utiliza, sendo possível, nalguns casos, o recurso ao seu aluguer ou então através da execução em regime de subempreitada. Tal será o caso de utilização de escavadoras, e da execução de escavações.

As betoneiras e as gruas contam-se entre as instalações mecânicas que, nas obras de construção civil correntes, são utilizadas com carácter de permanência.

No que se refere às pequenas máquinas citam-se por exemplo as de trabalho do ferro para armaduras, de preparação de madeiras para cofragens, de abrir roços, de rebocar, etc.

Dentro dos processos tradicionais de construção por encomenda, o número de variáveis é naturalmente muito grande o que dificulta a organização, e isso tem levado a uma especialização e descentralização cada vez maiores. Aparecem, assim, por exemplo as instalações especializadas de fabrico de betão, em condições de poderem fornecer este material a todas as obras situadas em qualquer ponto da cidade. Do mesmo modo em relação à existência de centrais mecanizadas que possam, por exemplo, fornecer armaduras, já cortadas e dobradas, a todas as obras.

São já antigas as organizações que se dedicam à produção de elementos estruturais de pavimentos, aplicáveis a todos os projectos, e de que o nosso mercado conhece uma extensa gama.

Uma actuação deste tipo verifica-se também, por exemplo, na indústria automóvel, em que muitas peças são executadas em grande série por fornecedores especializados, que produzem as referidas peças e as fornecem a todos ou a muitos fabricantes de automóveis a preços inferiores ao que seria possível, por exemplo a estes, operando noutras condições.

Esta concentração da produção de peças só pode, todavia, processar-se, em condições económicas, se o número de tipos e modelos for reduzido, o que, necessariamente, e referindo-nos agora à construção civil, limita a liberdade dos projectistas.

Entre nós, no que se refere à indústria de cerâmica de barro vermelho foram estabelecidos para os tijolos de alvenaria apenas 7 tipos. Existe uma actividade de normalização geral, que já produziu bastante trabalho útil.

Neste domínio há, no entanto, ainda, um caminho longo a percorrer para a fixação de tipos e modelos de elementos de construção como cozinhas, instalações sanitárias, caixas de escada etc., e de fixação das suas dimensões e respectivas tolerâncias e dos processos práticos de implantação.

No que se refere a canalizações (de água, gás, telefones e electricidade) torna-se indispensável estabelecer, em todos os edifícios, colunas montantes visitáveis, de preferência a instalar na caixa da escada, o que permite eliminar a abertura de roços na construção e nas reparações.

Toma-se necessário estabelecer também projectos-tipo, em número limitado, de blocos sanitários que sejam prefabricáveis em oficina, contendo todas as canalizações de água, gás, esgotos, electricidade, ventilação, aplicáveis em qualquer tipo de obras. Do mesmo modo em relação a cozinhas cujos blocos podem ser, com vantagem, executados em conjunto.

Poderá ser padronizado o tipo de escadas, por forma a dispor-se também destes elementos pré-fabricados de tipo uniforme, etc.

Outro aspecto que interessa à construção tradicional evoluída é o da racionalização das cofragens, por forma a conseguir maior sistematização no seu emprego e melhores rendimentos de trabalho. Na construção de edifícios existem vários processos, merecendo relevo especial a referência às cofragens metálicas aperfeiçoadas, de grandes dimensões, verdadeiras cofragens — ferramenta, deslizantes ou fixas, susceptíveis de permitirem uma betonagem contínua.

A técnica da cofragem — ferramenta permite moldar elementos de betão armado, constituindo paredes e pavimentos ou então, separadamente, paredes e pavimentos. Depois de ligados

entre si, estes elementos ficam a constituir estruturas espaciais, sem pilares, em forma de caixa, com paredes finas, de igual espessura.

No sistema Tracoba utilizam-se cofragens constituindo moldes viajantes, em estrutura tubular, revestidos de chapa, com comprimento até 4,0 m os quais se deslocam sobre carris. Estes moldes, permitem executar simultaneamente paredes e pavimentos, ficando incorporadas todas as tubagens para ligações eléctricas, tacos para ligação de carpintarias, fixações para equipamento etc. A sua utilização (que é completada por cofragem auxiliar para moldar topos, reservas, etc.), comporta as seguintes fases: colocação das vias de rolamento da cofragem; descofragem da secção precedente; deslocação e limpeza das cofragens auxiliares; colocação do elemento principal da cofragem na sua posição; colocação das armaduras e das cofragens auxiliares; betonagem.

No final da execução de um corpo transversal do edifício os moldes são retirados por meio de consolas auxiliares, salientes da fachada do edifício e içados para o andar superior.

O sistema é estudado para permitir a execução de todo o ciclo de trabalho num mesmo turno das 8 ou 9 horas, com rendimentos da ordem dos 200 m<sup>2</sup>/dia, obtidos por descofragem após 24 h a contar do início do trabalho. A resistência do betão pode ser aumentada por sistema de aquecimento do betão incorporado no elemento de cofragem. O pé-direito é fixo em 2,50 m ou 2,60 m e o espaçamento entre paredes, variável mas superior a 2,50 m. A equipa que opera com o material e executa as betonagens é constituída por 12 homens.

No sistema Prometo executam-se as paredes por intermédio de cofragens deslizantes de 1,20m de altura que sobem à razão de 0,15 m/h, pela acção de macacos hidráulicos. Estes macacos ligam-se a hastes metálicas verticais, que se apoiam nas fundações do edifício a construir, ao longo das quais deslizam para cima, fazendo subir a cofragem de uma maneira contínua. Tais hastes (de 0,025 m diâmetro) ficam metidas na espessura do betão das paredes.

A parte superior das cofragens liga-se uma plataforma horizontal onde se instala uma bomba de óleo que alimenta os diversos macacos. Também se ligam à cofragem, logo que atinge uma certa posição acima do solo, dois andaimes suspensos que servem de plataforma de trabalho para a execução dos acabamentos das paredes, interior e exterior, à medida que o molde as vai deixando a descoberto. O rendimento do trabalho é de um piso por dia (fachadas e paredes interiores resistentes) com 2 a 5 jogos de cofragens.

Os pavimentos são betonados por intermédio de cofragens especiais adaptadas ao processo e que permitem dispensar a execução de rebocos.

As ligações entre paredes e pavimentos são conseguidas com armaduras de espera e rasgos de encastramento.

## 4.2 — Processos industrializados

A construção civil, como outra qualquer actividade, só pode industrializar-se utilizando a energia mecânica na produção dos diversos elementos construtivos dos edifícios. Na verdade, o que caracteriza a industrialização não é só a utilização de máquinas, pois que, conforme referimos, a construção civil tradicional utiliza máquinas e cada vez mais as utilizará. A industrialização caracteriza-se pela utilização de máquinas na execução de todos os elementos e em todas as fases da construção, o que implica organização e controlo muito apertado.

Esta é uma das preocupações fundamentais do industrial pois que é através da mecanização de todas as operações que exigem a utilização de muita mão-de-obra, que se podem obter as grandes economias.

4.2.1 — Nos processos industrializados de préfabricação pesada suprime-se a estrutura tradicional, constituída por pórticos, nos dois sentidos em que o edifício se desenvolve, criando a estrutura resistente apenas com os elementos de paredes e de

pavimentos após a sua íntima ligação, no estaleiro. A estrutura passa, assim, a ser constituída por paredes rígidas nos dois sentidos da construção, e por lajes, que ficam a constituir "caixas" ou elementos resistentes a três dimensões, interligados. As paredes são solicitadas à compressão excêntrica para as cargas verticais e também para a combinação destas com as solicitações horizontais de tipo vento ou sismo. As lajes são solicitadas à flexão para as cargas verticais e funcionam como vigas de grande altura, apoiadas nas paredes, para as solicitações horizontais.

Conforme referimos estes processos de construção caracterizam-se pela execução, em fábrica, de maior parte dos trabalhos, reduzindo, no estaleiro, as operações, à montagem dos elementos (o que é efectuado com um pequeno número de operários), e a trabalhos complementares de acabamento. Depois de montados os elementos, a construção fica imediatamente apta a receber o equipamento e os acabamentos finais que não é possível introduzir na fábrica, ou seja, os remates, na ligação entre elementos, revestimentos de pavimentos, assentamento de canalizações de água, gás, esgotos e lixos, serrarias, carpintarias, tocas sanitárias, equipamento de cozinhas, impermeabilização, isolamento térmico de terraços e as pinturas.

Já se referiu que não é possível produzir e montar um edifício dentro da fábrica pelo que a industrialização da construção civil se apresenta sob a forma de uma préfabricação total. Por oposição ao sistema da préfabricação parcial, que utiliza elementos leves — manuseáveis a braco — esta préfabricação total é designada por "préfabricação pesada".

Os elementos, sejam pavimentos, paredes, lanços de escada, condutas de fumo ou de ventilação etc., são executados já com grande parte dos acabamentos, em regra com a incorporação de materiais de isolamento e de tubagens das redes eléctricas, campainhas, antenas de TV e TSF, telefones etc. Isso permite reduzir a mão-de-obra especializada, cujo recrutamento é uma das grandes dificuldades actuais da construção civil tradicional.

4.2.2 — As fábricas são equipadas com a maquinaria necessária, entre outra, para o fabrico dos betões e argamassa, corte e dobragem de armaduras e para o transporte dos materiais utilizados no fabrico e dos elementos, depois de fabricados. Tais fábricas constam do seguinte:

— *Naves de fabrico*, que podem aproveitar o próprio pavimento para molde da face inferior dos elementos, *fig. 1*. Os moldes são, neste caso, constituídos por aros metálicos que limitam a espessura dos elementos e são adaptáveis a dimensões diversas, quer dizer, adaptáveis ao fabrico de elementos do mesmo tipo mas de diferentes dimensões. E de notar que a moldagem horizontal ocupa maior área dentro da fábrica do que a moldagem vertical, mas esta exige maior complexidade de moldes.

Este problema da área e do rendimento diário da produção numa unidade fabril é muito importante a ponto de alguns fabricantes utilizarem máquinas para moldar elementos verticais e horizontais, que, mediante aquecimento, permitem desmoldagens em períodos de 3 a 5 horas. Permite também a execução de blocos de condutas para sanitários e cozinhas englobando já todas as fixações para os aparelhos.

— *Centrais de energia*, que incluem o posto de transformação, a instalação de produção de ar comprimido, de óleo sob pressão para accionamento de macacos hidráulicos, instalação de aquecimento dos elementos, instalação de aquecimento de água, etc.

Com efeito toda a maquinaria é accionada por energia eléctrica, mas necessita-se de utilizar o ar comprimido para a vibração do betão, e o óleo sob pressão para o levantamento de mesas basculantes de fabrico.

Os elementos, depois de endurecidos, são desmoldados e logo a seguir transportados para o exterior da fábrica, dentro de um ciclo de fabrico de 24 h que, normalmente, corresponde a cerca de 18 h de endurecimento dos betões e argamassas. Nas épocas mais frias é necessário utilizar água quente nas amasadoras e aquecer o meio ambiente onde os painéis permanecem, no seu processo de endurecimento, até o dia seguinte.



Fig. 1 — Vista geral interior de uma fábrica de elementos

— *Central de fabrico de betão e de argamassas de gesso e de cimento*, com os seus silos de aglomerantes e de inertes e com a respectiva aparelhagem de doseamento e transporte (fig. 2).

— *Armazém e oficina de corte e dobragem de varão de ferro para armaduras*.

— *Meio de transporte de betão e argamassas e de outros materiais*, das centrais de produção, dos armazéns, ou do exterior, até aos locais de fabrico dos elementos, e do transporte destes, depois de atingirem um certo grau de resistência, para o exterior da fábrica, até aos parques de armazenamento. Incluem empilhadores, pontes rolantes e gruas.

— *Parques de armazenamento*, no exterior e dispostos de um e outro lado da fábrica, onde os elementos permanecem durante cerca de um mês para completar o endurecimento dos betões e das argamassas (fig. 3 e fig. 4). Os elementos são armazenados na sua posição resistente, isto é, pavimentos na horizontal e paredes na vertical. Isso exige a existência de meios de sustentação para permitir tal armazenamento com segurança, sem correr o risco de derrubamento das pilhas.

— *Oficinas de serralharia e de carpintaria e a ferramentaria*.

— *Armazéns de materiais*, tijolo (no exterior da fábrica), gesso, cimento e materiais inertes em silos apropriados, caixilhos e aduelas, tubos e caixas de material eléctrico, tacos e outras peças a incorporar nos elementos.

— *Laboratório* para a realização dos ensaios periódicos de recepção de materiais e para ensaios de pesquisa relacionada com as operações de fabrico.

— *Operários* em regra formados entre pessoal rural, incluindo, até, o que acciona as máquinas.

— *Escritório* que se encarrega da preparação de trabalho e de todos os controlos.

Estas fábricas podem produzir entre 2 e 8 fogos dia e para satisfazerem economicamente devem ter um raio de acção até valores entre 50 e 150 km.

O funcionamento de uma fábrica deste tipo comporta o seguinte:

a) *Planificação detalhada dos elementos a fabricar*, incluindo todos os materiais a aplicar nesse fabrico, tijolos, argamassas, ferros, tubos e caixas das redes eléctricas, caixilhos, peças de fixação diversas, moldagem de reservas especiais ou outras particularidades dos diversos elementos, etc.

Esta planificação inclui o desenho de todos os elementos e a medição individualizada de todos os materiais a aplicar.

b) *Preparação de moldes metálicos* para execução dos diversos elementos. Este moldes dizem respeito às faces laterais dos elementos quando o próprio pavimento da fábrica é utilizado para molde da face inferior dos referidos elementos, o que é sempre possível excepto no caso de lanços de escada, condutas, elementos com três dimensões, etc.

c) *Aprovisionamento de materiais*, que se baseia na reconstrução permanente dos estoques considerados mínimos para uma produção com segurança, atendendo às dificuldades de abastecimento que possam surgir.

d) *Preparação do trabalho* atendendo aos tipos de elementos a produzir e respectivos prazos de execução, em face do aproveitamento da área da fábrica.

e) *Abastecimento da fábrica*, colocando de véspera os materiais a utilizar o mais perto possível de cada elemento, e nas quantidades necessárias à execução, contando com quebras e desperdícios normais.

f) *Execução dos elementos*, pelos diferentes turnos de pessoal anteriormente treinados para o efeito. Nesta execução atende-se à melhor distribuição do tempo, conjugando o intervalo para almoço com o tempo de espera que é necessário para a execução dos acabamentos da face superior dos elementos.

g) *Endurecimento dos elementos* durante a noite, o qual poderá ser activado por meio de aquecimento por forma a na manhã seguinte, ao reiniciar o trabalho, ter sido atingida a re-



Fig. 2 — Central de fabrico de betões e argamassas de cimento e de gesso

sistência necessária a fim de poderem desmoldar-se os elementos e conduzi-los para o exterior até o parque de armazenamento.

h) *Controlo da recepção de materiais* e das resistências alcançadas nos elementos fabricados. Controlo dos consumos de materiais, comparando-os com as previsões.

i) *Planificação e realização do transporte dos elementos* por forma a libertar com tempo as áreas dos parques de armazenamento da fábrica e também permitir a criação de reservas no estaleiro, por forma a garantir a continuidade da montagem. Este transporte efectua-se em grandes camiões com capacidade para 20 a 25 t de carga útil.

j) *Planificação e execução da montagem* que se inicia após a

construção, por processo tradicional, das fundações dos edifícios. O elemento fundamental deste trabalho é uma grua potente, cuja instalação prévia é indispensável, bem como terraplenos para descarga e armazenamento provisório dos elementos, após transporte da fábrica. Este armazenamento deverá, em regra, garantir a laboração do estaleiro durante uma semana, e deverá efectuar-se de modo a permitir a retirada dos diversos elementos na ordem da sua utilização.

Todo o planeamento de fabrico e transporte deve atender às possibilidades de execução no estaleiro sob pena de se esgotar rapidamente toda a capacidade dos parques de armazenamento anexos à fábrica.

Fig. 3 — Parque de armazenamento de elementos de paredes e de condutas de fumo, e respectiva grua, na fase de carga de um transporte para o estaleiro

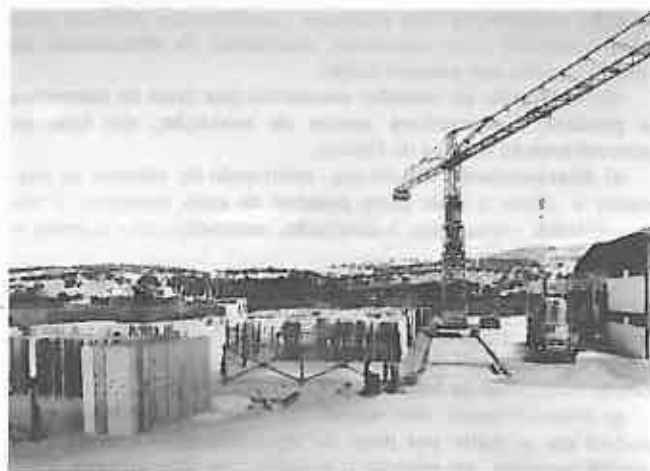


Fig. 4 — Parque de armazenamento de elementos de pavimento; ao fundo, vista exterior da fábrica de elementos.





**4.2.3.** — A montagem efectua-se, em regra, imediatamente a partir do nível das fundações, do qual salientam armaduras na correspondência das juntas entre elementos de paredes (fig. 5). Começam-se por colocar os elementos (lajes) do 1.º piso, os quais, como os dos pisos superiores, apoiam ligeiramente nas paredes deixando sobre estas, e entre topos dos elementos, caleiras horizontais, sobre as paredes, as quais servem para a betonagem das cintas, isto é, dos elementos de ligação entre as diversas lajes.

Concluída a betonagem referida, inicia-se a montagem das paredes, cujos elementos apresentam rebaixos nos topos laterais a que correspondem (depois dos elementos adjacentes ficarem dispostos lado a lado, ou de topo, a seco, na sua posição definitiva), rasgos verticais que permitem a betonagem dos pilaretes de ligação, entre si, dos diversos elementos de parede.



Fig. 5 — Vista da montagem de elementos num bloco em construção. No 1.º plano, execução das fundações de um edifício por processo tradicional.

As paredes são provisoriamente escoradas ao pavimento e também uns elementos aos outros, até à execução dos pilaretes de ligação. A seguir à obtenção de uma determinada resistência nestes, retiram-se as escoras e pode iniciar-se a montagem dos elementos do 2.º piso, e assim sucessivamente.

É dentro das caleiras das cintas, e antes de as betonar, que se executam as ligações entre as tubagens introduzidas, na fábrica, nos elementos de paredes e nos elementos correspondentes dos pavimentos.

Quando se utiliza tijolo na execução dos elementos, de modo a que os furos fiquem aparentes nos topos, o betão executado em estaleiro penetra nas cavidades de tijolo assegurando uma boa aderência entre o betão fresco dos pilaretes e das cintas e os materiais já endurecidos dos elementos a ligar, e, além disso, permite-se ao betão ter uma certa retracção sem comprometer tal ligação. Quando se utilizam paredes de betão, a aderência deverá ser melhorada com armaduras salientes ou por outro processo eficiente, sob pena de fissuração.

Toda a montagem se executa sem necessidade de andaimes (fig. 5 e fig. 6), uma vez que cada pavimento constitui uma plataforma perfeitamente consolidada. O pessoal só tem que chegar-se à periferia dos edifícios em montagem, quando a grua coloca os elementos da fachada, os quais constituem, por si só, um anteparo bastante seguro.

São especialmente cuidadas as juntas entre elementos de fachada, as quais são impermeabilizadas com elementos vedantes e são providas de canais de descompressão para prevenir a hipótese de tendência à migração de água por capilaridade (fig. 8).

**4.2.4** — Concluída a montagem iniciam-se, antes do mais, os retoques do revestimento (no caso deste ter sido atingido no transporte) e de remates, na ligação entre elementos de paredes e de paredes com pavimentos. Estes retoques têm sempre pequena importância no que se refere a volume de trabalho.

Segue-se o assentamento do revestimento de paredes e de

pavimentos que não tenham sido introduzidos na fábrica. Contam-se neste caso os revestimentos com tacos de madeira, que não podem assentar-se na fábrica, porque os elementos ficam expostos às intempéries, durante um certo tempo, nos parques de armazenamento.



Fig. 6 — Fase adiantada da montagem de um edifício de cave e 5 pisos, antes do início de quaisquer acabamentos finais

Vem depois o assentamento de condutas de água, gás e esgotos, as quais ficam assentes à face exterior das paredes, em regra instaladas em prumadas comuns, ou encobertas por sancas, etc., quando não se deseja deixá-las à vista, formando uma rede correctamente desenhada e pintada. Esta última hipótese é perfeitamente possível em cozinhas, casas de banho, etc. e é uma técnica aconselhável que até é obrigatória nalguns países, por facilitar a sua inspecção e reparação.



Fig. 7 — Fotografia de um edifício de 10 andares, executado, por processo de prefabricação total

Depois de assentar as carpintarias de limpos e as serralharias procede-se à pintura das paredes e destes elementos, quando de madeira ou de ferro (o alumínio e o plástico, por exemplo, dispensam a pintura).

A pintura das fachadas exteriores é executada por operários que usam bailléus exclusivamente reservados a estes serviços, os quais não exigem o suporte de grandes pesos nos andaimes suspensos.

**4.2.5.** — As breves referências atrás apresentadas são comuns aos vários processos industrializados, apresentando as figuras 1 a 7 diversos aspectos das instalações fabris da ICESA, na Póvoa de Santa Iria, e do estaleiro da mesma Empresa em Santo António dos Cavaleiros e que utiliza um destes métodos.

Existem diversos processos de prefabricação total os quais



podem agrupar-se em dois tipos, os que utilizam betão na execução dos elementos de parede e de pavimento e os que incorporam tijolo nesse fabrico. Pertencem ao 1.º grupo os processos Balency, Camus, Coignet, etc., e ao 2.º grupo os processos Flório, Costamagna e Technove.

Os elementos de betão, sendo mais pesados exigem aparelhagem de maior potência e, naturalmente, o custo do transporte é mais avultado.

Existem ainda duas variantes no que se refere à localização da fábrica, num local escolhido em função do mercado potencial, ou no próprio estaleiro. Esta 2.ª modalidade, que trabalha com unidades mais aligeiradas e menos especializadas, contempla mercados mais reduzidos e é onerada com a montagem e desmontagem da fábrica em cada estaleiro. São exemplo desta técnica os processos Barets, Estiot (que utiliza elementos metálicos de ligação dos painéis, e que ficam incorporados na construção), Tracoba, etc. Apontam-se a estes processos industrializados de prefabricação total diversas vantagens, como a seguir se indica.

— **Rapidez de construção** pois que permitem eliminar os tempos mortos da construção, endurecimento do betão, prazos de descofragem, secagem de argamassas, etc., melhorando os índices de produtividade e de ritmo de produção;

— **Melhor rendimento do trabalho** porque a execução numa fábrica permite uma planificação e uma mecanização mais desenvolvidas além de obter um melhor enquadramento do

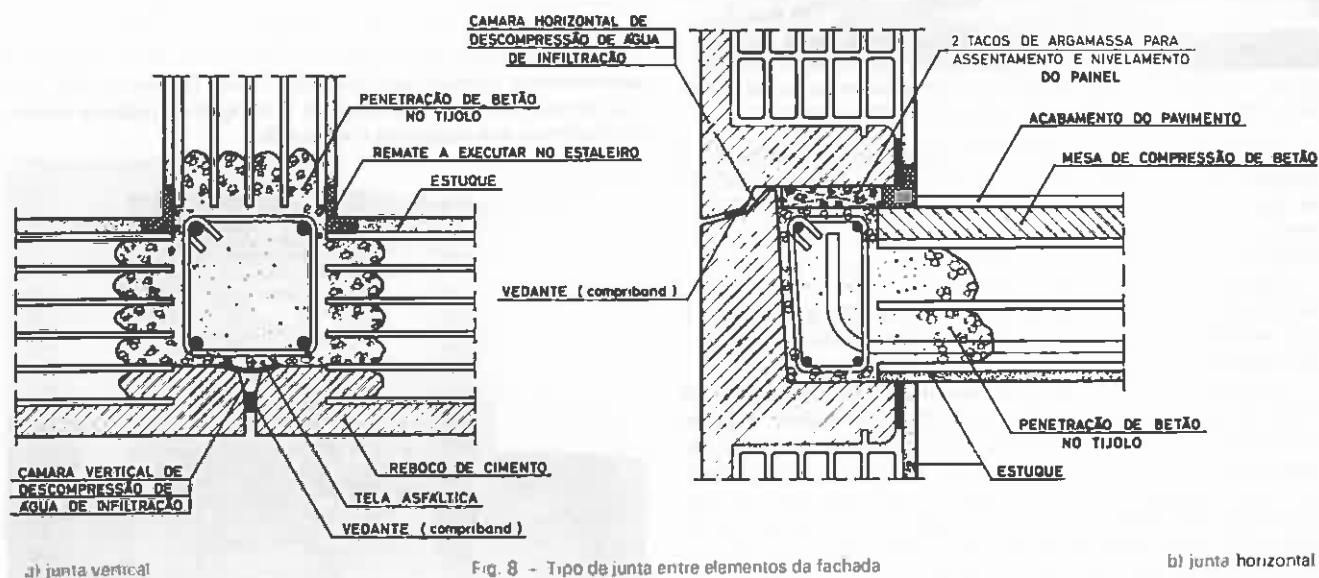
des, na maioria em recinto fechado o que facilita o controlo e reduz as perdas. No que se refere a moldes, resulta maior simplificação e redução do número, com extraordinária possibilidade de reutilização, dispensando os escoramentos e as operações de desmoldagem. Do mesmo modo, dispensa de andaimes.

— **Maior segurança no trabalho** uma vez que está eliminada a possibilidade da queda de materiais e ferramentas e muito mais dominado o risco, dada a simplicidade das operações de moldagem, havendo, ao mesmo tempo, muito menos pessoal na execução.

5 — **Conclusões** — Nas considerações anteriormente expostas pretendemos chamar a atenção para os novos processos utilizados na construção civil. Aos engenheiros compete fundamentalmente toda a organização do trabalho e o controlo das obras, em todas as suas fases. Daí a necessidade de, na sua formação escolar, se atender a tal objectivo.

As novas técnicas não afectam só a condução dos trabalhos, mas obrigam à revisão de certas concepções, no sentido de se conseguir a sua aplicação sistemática, e permitir, finalmente, atingir o objectivo da produção industrializada, que será o de possibilitar a construção de casas acessíveis a todos, ao ritmo do crescimento da população.

Tais técnicas exigem também a aplicação de vultuosos capitais, e tornam necessário que todos os Serviços de quem dependem a resolução global dos problemas habitacionais



pessoal que trabalha em melhores condições, pois que as operações são independentes do estado do tempo. Além disso a execução dos elementos ao nível do solo, efectua-se com vantagens de comodidade executiva, e em melhores condições técnicas do que seria possível conseguir directamente nas obras.

**Economia de custo** devida principalmente à produção em série dos elementos de construção e à facilidade e rapidez da sua montagem na obra, sendo esta efectuada utilizando, intensamente, adequados mecanismos de elevação e de transporte.

— **Aproveitamento da mão de obra não especializada**, superando uma das grandes dificuldades de construção tradicional, dificuldades essas que se agravarão certamente com o desenvolvimento da industrialização, como actividade normal em todos os domínios.

— **Economia de materiais** por trabalhar com grandes quantida-

(Câmaras Municipais, departamentos oficiais de Estradas e de Hidráulica, Concessionárias de Transportes, Laboratórios de Ensaio, etc.) trabalhem em conjunto, com a decisão de resolver todas as questões, a curto prazo.

Não será fácil a industrialização da construção civil numa fase da organização burocrática em que todos os caminhos críticos das diversas Programações passam pelos Serviços que apenas têm o encargo dos licenciamentos.

Há ainda uma actividade importante a desenvolver, que se refere à modulação e tipificação das construções.

Este problema tem, em nosso entender, um grande interesse para o curso de engenharia civil, no que se refere às cadeiras de Materiais e Processos de Construção, Planeamento, Organização e Controlo de Estaleiros de Construção.