



**ALBERTO
BRIZOLARA**

ESTRUTURAS E COBERTURAS EM TIJOLO ARMADO

construção e dimensionamento

ESTRUTURAS E COBERTURAS EM TIJOLO ARMADO

construção e dimensionamento

**ALBERTO
BRIZOLARA**

Porto Alegre, RS – dezembro, 2023



© ALBERTO BRIZOLARA

ESTRUTURAS E COBERTURAS EM TIJOLO ARMADO

construção e dimensionamento



Conselho de Arquitetura e Urbanismo
do Rio Grande do Sul (CAU/RS)

Rua Dona Laura, 320 | Bairro Rio Branco
Porto Alegre/RS | (51) 3094-9800

www.caurs.gov.br



Rua dos Andradas, 1444,
sala 25 Galeria Chaves, Centro
Histórico, Porto Alegre, RS

51 9 96671972

editoracoralina
editoracoralina.com.br
pepe@editoracoralina.com.br

Conselho Editorial

Lidia Glacir Gomes Rodrigues

Fábio Müller

Éber Marzulo

Maximiliano Bordon Ledur

Tales Völker

Assessoria Técnica CAU/RS

Tales Völker

Publisher

Pedro Paulo Graczcki

Capa, projeto gráfico e diagramação

Alana Anillo

Revisão e preparação de originais

Delalves Costa

Fotos de capa

Junho Chak - *Unsplash*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Brizolara, Alberto

Tijolo armado / Alberto Brizolara. -- 1. ed. -- Porto Alegre, RS :
Editora Coralina, 2023.

ISBN 978-65-80360-65-9

1. Arquitetura 2. Cerâmica (Tecnologia) 3. Engenharia 4. Urbanismo
I. Título.

23-180970

CDD-620.14

Índices para catálogo sistemático:

1. Cerâmicas : Materiais : Engenharia 620.14

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

PALAVRA DO PRESIDENTE

O Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Rio Grande do Sul (CAU/RS) apresenta um conjunto de publicações, de autoria de arquitetos e urbanistas do Estado, selecionadas a partir de edital público. O objetivo é registrar e divulgar amplamente a relevante produção dos profissionais e pesquisadores gaúchos a partir de seus trabalhos de investigação e produção técnica.

As publicações são resultado de uma parceria do CAU/RS com a Câmara Rio-Grandense do Livro (CRL), entidade responsável pela Feira do Livro de Porto Alegre, e com a Editora Coralina, igualmente escolhida através de processo público para realizar a produção e a impressão dos trabalhos selecionados. Aos parceiros agradecemos, assim como aos colegas que trabalharam na Comissão de Seleção das publicações e a todos os funcionários do CAU/RS que se envolveram direta ou indiretamente neste projeto.

Com esta iniciativa, o CAU/RS acredita estar contribuindo para cumprir com sua obrigação de promover e valorizar a profissão, oferecendo, para toda a sociedade, publicações de qualidade e utilizando de forma adequada parte dos recursos arrecadados de todos os arquitetos e urbanistas do Estado, aos quais também agradecemos, além de estar informando e formando profissionais para a construção de cidades mais justas e belas.

Tiago Holzmann da Silva

Arquiteto e Urbanista
Presidente do CAU/RS
Gestão 2021-2023

DEDICATÓRIA

Ao Arq. José Miguel Aroztegui (†),

- Colega de estudos,
- Companheiro no desbravar os segredos do tijolo armado,
- Entranhável amigo,
- Pessoa de bem,
- Inteligência superior, mente brilhante,
- Sempre lembrado com saudades...

AGRADECIMENTOS

*À minha querida família,
em especial à minha esposa Maria, às
filhas Emiliana, Milka (†) e Milagros,
arquiteta que, no decorrer do tempo,
transformou-se em colaboradora importante.
Aos filhos homens, que me incentivaram
e apoiaram nesta tarefa de vários anos.*

*Aos colaboradores:
À Arq. Andrea Ilha, amiga e colaboradora.
À Desenhista Rosana Acosta e aos
profissionais que permitiram mostrar as
suas obras e utilizar os elementos gráficos.
Ao Publicitário Francisco Luiz Dias.
Ao Radialista e Pesquisador
Antonio Carlos Valente.*

*Agradecimento especial:
Ao Nossa Senhor Todo-poderoso, porque
me pôs o fogo do entusiasmo no coração
para não desistir nesta empreitada
longa. Ao Padre Pedro da Paróquia
Nossa Senhora da Conceição – Rivera.
À minha comunidade do
“Caminho Neocatecumenal”.*

PRÓLOGO

Inédito! Surpreendente! Este livro do Prof. Arq. Alberto Brizolara sobre “Estruturas e coberturas em tijolo armado” é algo que não existe no campo da engenharia e da arquitetura.

Não é um livro estilo “revista”, que somente mostra obras acabadas e bonitas, é um livro que ensina as tecnologias de como fazer as coberturas em cerâmica armada, como também o uso do tijolo armado para paredes resistentes aos empuxos horizontais.

Tudo com a máxima economia e beleza. Ensina também a calcular e projetar muitas destas estruturas. Neste livro não se esconde nada, mostra-se em detalhe e se explica como construir, mostram-se os esforços das partes e suas soluções, diz-se quando convém usar um sistema construtivo ou outro.

Conheço faz tempo o Arq. Brizolara com um alto grau de amizade, sempre foi um estudioso, um criador, com um comportamento prático. Tudo o que mostra já foi provado desde sua primeira obra (1964) até agora e, desde então, já passaram mais de 55 anos de experiência.

O Arq. Brizolara se caracterizou sempre por não esconder seus conhecimentos, pelo contrário, tratando sempre de levar a todos suas novidades.

Esta publicação é uma obra que faltava, impactante, que mostra, eu diria, mundialmente, a maioria das tecnologias em cerâmica armada para diversos usos. Além disso, o autor se comunica com os leitores de uma forma muito coloquial, como se estivesse na sala de aula.

Eng. Estruturalista João Luís Rossignolo

INTRODUÇÃO

Resumen (español)

Propósito Tecnológico

Con este libro, damos continuidad a la obra del Ing. Eladio Dieste, de sus nuevos principios estructurales, del nuevo material (ladrillo + hierro + mortero); describir y enseñar nuevos sistemas constructivos para cubiertas de cerámica armada que den más rapidez y economía.

Avanzar en los sistemas constructivos de cubiertas para que sean más simples, con menos uso de madera y más industrializados. Los sistemas abordados pertenecen a la era moderna de la construcción, o sea a partir del uso del cemento, el hierro, las cerámicas de alta calidad, los métodos racionalizados y mecanizados. Se pretende enseñar a escoger el sistema constructivo, para bóvedas más adecuado para la problemática que hay que enfrentar; enseña los problemas constructivos y sus soluciones.

Abordaremos: el material y sus propiedades, la obra del Ing. E. Dieste, los diferentes sistemas constructivos para bóvedas, para cubiertas plisadas, para cúpulas y paredes resistentes por su formato. También se muestra obras singulares y el nacimiento de una nueva arquitectura.

Summary (english)

Technological purpose

With this book, we give continuity to the work of Eng. Eladio Dieste, about his new structural principles, of the new material (brick + iron + mortar); in order to describe and teach new construction systems for reinforced ceramic roofs to provide more speed and economy.

The advance in the construction systems of roofs makes them simpler, with less use of wood and more industrialized. The systems addressed belong to the modern era of construction, that is, from the use of cement, iron, high-quality ceramics, rationalized and mechanized methods. It is intended to teach to choose the constructive system for vaults more suitable for the problem that has to be faced; teaching the constructive problems and its solutions.

We will cover: the material and its properties, the work of Eng. E. Dieste, the different construction systems for vaults, for pleated roofs, for domes and resistant walls by its format. It will also show unique works and the birth of a new architecture. Considerations to be taken into account.

There are 14 (fourteen) basic constructive recommendations that must be taken into account and 3 (three) recommendations for the time of the project (Chapter I).

INTRODUÇÃO

O PROPÓSITO TECNOLÓGICO

Com este livro, venho ajudar a dar continuidade à obra do Eng. Eladio Dieste, a usar o resultado de sua genialidade: o novo material composto, os novos princípios estruturais; a constatar que podem existir outros sistemas construtivos que, a exemplo do usado por ele, podem dar construções rápidas e econômicas.

Na minha vida profissional, propus-me a fazer um avanço no sistema construtivo das abóbodas. Nesse tipo de pesquisa para a obra, busquei sistemas mais simples e com menos utilização de formas e, portanto, de madeiras.

Por formação profissional, a minha busca foi e é levar a industrialização para a construção das abóbodas ou outros formatos de coberturas. Adaptar a pré-fabricação aberta e leve para a montagem das abóbodas.

Existe, por minha parte, uma preocupação constante para que métodos de montagem das abóbodas, digamos os sistemas construtivos, sejam tais que uns possam adequar-se melhor a grandes empresas com muitos recursos econômicos (Exemplo Abóbodas da CEEE – CAP. III) e outros sistemas sejam adequados a pequenas empresas e porque não dizer a grupos humanos (Exemplo a Igreja de Rio Branco – CAP. IV).

OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA COBERTURAS LAMINARES

Os sistemas construtivos que vamos abordar referem-se à época moderna. Entende-se por

época moderna, a partir de quando a construção ou montagem das abóbodas não se faz mais com gesso como argamassa e sim com argamassa de cimento, acrescentada à armadura. Houve tentativas nos anos 60 de fazer uma primeira camada com o tijolo assente com gesso, como a velha tradição espanhola, deixar essa camada como forma perdida e após fazer encima a abóbada autoportante em cerâmica armada. Este sistema foi abandonado.

Existem diversos sistemas construtivos em cerâmica armada que vêm sendo usados nas últimas décadas no Brasil e no Uruguai, para realizar coberturas laminares ou para paredes submetidas a esforços horizontais.

Qual é o sistema mais conveniente e qual o menos conveniente? O menos conveniente já desapareceu na história!

O sistema mais conveniente é o que mais se adequa à problemática que se tem de enfrentar. Sempre queremos otimizar nossa estrutura. Queremos que nossa estrutura tenha um desenho adequado aos esforços (lógica estrutural), que use adequadamente o material de acordo com as solicitações, o material mais barato (economia) e que tenha beleza. Também o sistema construtivo para fazer a cobertura estará de acordo ao equipamento que disponha a empresa que vai construir, por exemplo, guindaste móvel, empilhadeira, caminhão munck, cambotas, etc., ou a força de vários operários, somente.

O que transforma em realidade estas ideias, estes anseios, são os sistemas construtivos que põem em prática todas as teorias. Todos queremos

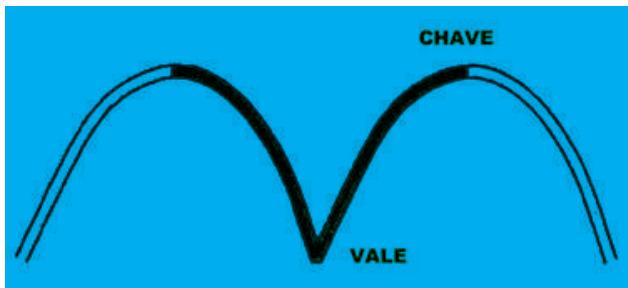


Fig. 1. Vigas em forma de asas de gaivota, um grande momento de inércia com menos peso próprio, o que diminui a quantidade de armadura. (*- 5).

transformar estas coberturas de asas de gaivotas (Fig. 1) em abóbodas autoportantes, o mesmo que dizer: transformar estas coberturas onduladas em coberturas rígidas autoportantes.

A tradição espanhola, onde se destacaram os pedreiros da Catalunha e da Estremadura, usavam abóbodas de tijolo assentes em gesso, somente suportavam esforços em compressão e, portanto, não podiam ser autoportantes, não se usava a armadura de aço. As curvas mais usadas foram arcos de circunferência e a catenária (*anticatenaria*) para a escada catalã. Se precisarmos fazer uma abóboda para um entrepiso, seguramente, o seu perfil será muito baixo, com pouca flecha, sendo até normal que o sistema seja o de “sarrafos” (Cap. V). Se houver necessidade de uma cúpula, o certo será o sistema de “raio guia” sem formas (Cap. VIII). Se forem abóbodas com conicidade não cabe outro senão o “pré-moldado com cimbres guias (cambotas)” (Cap. III). Todos esses caminhos tecnológicos serão abordados neste livro.

Nunca se pode dizer que se abordará “todos” os sistemas porque sempre ficará algum usado e que

não é considerado. E como já falamos, o sistema de abóbodas com uma primeira camada assente em gesso, usado no Uruguai pelos Arqts. Spósito e Danilo López (anos 60), ou o sistema bizantino com arcos inclinados a 60° , etc., usado somente em testes no Uruguai, mas continua sendo usado no Egito na cidade de New Gourna (Cap. X).

Devido a esses sistemas serem pouco ou não mais usados porque passaram a não ser vantajosos, desistiu-se dos mesmos.

Neste livro, abordaremos todos os sistemas mais usados, com todas as etapas da obra de cada sistema construtivo, com explicações e detalhes, usando fotos e desenhos e, por último, fotos da obra acabada.

Como “*avant première*”, resumidamente, diremos que abordaremos: o material, a cerâmica armada, o sistema com pré-moldados, o sistema de abóbodas para entrepiso, a obra do Eng. E. Dieste, as abóbodas industrializadas, as coberturas plissadas, a cúpula e as paredes de cerâmica armada estruturadas pelo seu formato.

PREFÁCIO

Resumen (español)

Para el autor la motivación de este libro empieza ante la sorpresa por las obras de cerámica armada, su curiosidad lo lleva a la aventura de desentrañar ese mundo tecnológico desconocido. En este campo del ladrillo armado aparece una nueva estética, sale de la tradición estructural de "viga y plancha".

Después de muchos años de práctica en obra y de investigación se hace necesario hacer una publicación que sirva de estudio y aprendizaje para estudiantes, profesionales y constructores pequeños y grandes. En estos estudios, tuvo una invaluable participación el recordado Arq. José Miguel Aroztegui y también una fundamental influencia las obras del genial Ing. Eladio Dieste.

Creamos un nuevo sistema de montaje y construcción de bóvedas que fue aceptado y patentado por las autoridades. Buscamos la optimización de los materiales y tiempos en obra, a fin de bajar costos. Nuestra primera obra en ladrillo armado fue el liceo de Vichadero - UY. (1964), en un pequeño poblado rural, cercano a la frontera con Brasil.

El libro enseña los innumerables sistemas de construcción de bóvedas y cúpulas con explicaciones detalladas de su montaje, sus dificultades y las precauciones que se deben tomar. Muestra con fotos de obras prontas y otras en sus diferentes etapas de construcción. Nada queda en el tintero, todo se enseña. Ahora construir con ladrillo armado es fácil, para que se entusiasmen arquitectos e ingenieros.

Summary (english)

For the author, the motivation trigger to this book was the surprise by the works of armed ceramics; his curiosity takes him to the adventure of unravelling that unknown technological world. In this field of reinforced brick a new aesthetic appears, leaving the structural tradition of "beam and iron".

After many years of practice in work and research, it is necessary to publish a book that serves as a study guide and learning for students, professionals and small and large builders.

In these studies, the remembered Arch. Jose Miguel Aroztegui had an invaluable participation, and also the works of the brilliant Eng. Eladio Dieste were a fundamental influence.

We created a new system of assembly and construction of vaults that was accepted and patented by the authorities. We look for the optimization of materials and time at work, in order to lower costs. Our first work in armed brick was the Vichadero - UY high school. (1964), in a small rural town, near the border with Brazil.

The book teaches the innumerable systems of construction of vaults and domes with detailed explanations of its assembly, its difficulties and the precautions that must be taken. It shows with photos of completed works and others in their different stages of construction.

Nothing remains in the ink, everything is taught. Now building with reinforced brick is easy, for architects and engineers to get excited.

PREFÁCIO

Muitas vezes, a gente se lança numa aventura que não se sabe qual será o final ou onde vai parar; aventura esta que, em mim, já leva mais de 50 anos. O "lay motif", a chama como estopim que começou há tantos anos e que está por dentro de tudo isto, não é mais que um anseio romântico juvenil para desbravar um mundo que eu não imaginava. Estava cheio de novas formas estéticas, com tecnologias para recriar e, em termos estruturais, sair do corriqueiro "viga + laje de concreto". Pensar em todo esse mundo novo e desconhecido, lançar-se como um aventureiro em novas tecnologias com alta responsabilidade, tirava o sono e chegava a dar frio no estômago. Depois de anos de pesquisa e do enriquecimento de conhecimentos em termos práticos, de experiências interessantes, percebi que era necessário fazer uma publicação que servisse para as próximas gerações, que servisse para estudantes de arquitetura e engenharia, para Engenheiros e Arquitetos e para Construtores.

Também é necessário reconhecer que a participação do arquiteto e amigo José Miguel Aroztegui durante muitos anos, hoje já falecido, foi fundamental. Por termos ambos vindos de duas cidades pequenas do interior do Uruguai à capital Montevidéu, a nossa amizade na faculdade surge como refúgio e proteção da grande metrópole, isto no ano de 1956.

Os anseios eram os mesmos: construir com materiais baratos, do país e preferentemente do lugar, estruturas lógicas, portanto, econômicas e com resultado formal que rompesse com a rigidez do estilo da "Arquitetura Moderna" que, neste momento, ensinava-se quase ditatorialmente na Faculdade de Arquitetura de Montevidéu.

Devo reconhecer que, nesse momento, tive uma influência fundamental dos trabalhos do genial Eng. Eladio Dieste.

Nesse mundo de ideias, surge como material principal a cerâmica armada, usando o tijolo maciço de campo (artesanal) ou o tijolo maciço de máquina; às vezes, de excelente qualidade e altíssima resistência à compressão, outras vezes de baixa qualidade e pouca resistência.

Estávamos sempre de olho no que fazia o Eng. Dieste, por isso ele tem lugar de destaque neste livro.

Levados da mão pelas primeiras ideias ou aspirações, fazia-se necessário encontrar uma tecnologia econômica que fosse rápida, de fácil montagem e com menos insumo de mão de obra. Em resposta a tais exigências, inventamos, Aroztegui e eu, um sistema para construir abóbadas diferentes de todos os outros sistemas em uso. Sendo assim, o Governo uruguai nos concede a "Patente de Invenção" (1967). Este sistema de montagem de abóbadas usa elementos pré-moldados de tijolo armado. Por serem feitos previamente e separados de outras tarefas, permite que no PERT em seu CPM (*Critical Pass Metod*) ou caminho crítico, o tempo de montagem seja reduzido à metade. Tudo isso será visto em detalhes nesta publicação.

Para pôr em prática estas ideias, começa um longo caminho, uma encosta íngreme cheia de pedras, com obstáculos por onde quisesse passar. Para estudantes de arquitetura que éramos, faltavam-nos conhecimentos estruturais sobre cascas cilíndricas, e quem sabia disso naquele momento não esclarecia tais conhecimentos. Dois caminhos nos permitiram sair do atoleiro: um deles foi

avançar nos estudos estruturais da faculdade; e o outro, foi procurar com afinco na condição de ser autodidata, onde for, como for, no livro que for e na língua que for.

Os primeiros trabalhos em tijolo armado foram quase que artesanais, porque devíamos convencer o cliente das vantagens desse tipo de construção para resolver seu problema, sem ter um exemplo importante já feito. A primeira obra de alta responsabilidade foi um centro de ensino de 2º grau, localizado em um povoadinho do interior do Uruguai (Vichadero), perto da fronteira com o Brasil – tudo muito pobre. Quando fizemos este colégio (Liceo) ainda não éramos formados, ano de 1964, (vide obra mais adiante). Feita essa obra, abriram-se os caminhos, e outras obras começaram a surgir.

É importante esclarecer: a maioria absoluta de nossas obras foram feitas para particulares de recursos limitados, a grupos religiosos (paróquias) de baixos a baixíssimos recursos, para instituições onde havia que cuidar os gastos, e somente 1 (uma) obra foi feita para o governo do estado com muito controle.

No ano de 1968, surge providencialmente o oferecimento de uma bolsa de estudos na França em "Novas Tecnologias da Construção", dada e financiada totalmente pelo governo francês, por 2 anos. Fomos selecionados em 1º lugar, mas por diversas razões somente eu pude ir.

Na França, além dos estudos específicos do estágio, paralelamente, aprendi muitos outros tópicos. Tive a sorte de ser aluno de ex-alunos do gênio, o Eng. E. Freyssinet, em que recebi os conhecimentos referentes ao concreto pretendido.

Mais tarde, tais conhecimentos foram aplicados científicamente às abóbadas, envolvendo soluções tecnológicas próprias.

Neste livro, mostram-se exemplos de obras feitas e em construção, com explicações tecnológicas de montagem, com as descrições das dificuldades e das alternativas de abordagem do problema. Não se pretende trazer só exemplos de obras concluídas, e, sim, dar conhecimento desta tecnologia e de outras tecnologias de montagem as quais também foram usadas.

Pretendo que seja ao mesmo tempo um livro de estudo e de encorajamento às novas gerações de arquitetos e engenheiros, para que se lancem por estes caminhos tão excitantes e cheios de desafios. Refere-se, este livro, ao tijolo armado em todas as suas formas expressivas.

Havendo pesquisado para saber que publicações existiam referentes a esta temática, notei que não existem livros de estudo que abordam o tijolo armado. Se existe, são publicações muito limitadas, dissertações de mestrado com abordagens parciais do tema. Notei também que estávamos entrando num processo que leva à ignorância e ao esquecimento desta área da construção, a cerâmica armada. Depois de mais de 20 (vinte) anos atuando como professor na UFRGS (Universidade Federal do RGS), e com mais de 50 anos de experiência em obra, cheguei à conclusão de que era necessário abordar o tema no mais amplo sentido, ir ao fundo, chegar ao detalhe para ensinar a construir.

Ao conhecer as primeiras obras do Eng. E. Dieste, descobri que o que era construção se transformava na mais brilhante engenharia para transcender a beleza, chegando à arquitetura, e ser um fato de cultura.

Agora, depois deste livro, para quem começa é um caminho que em pouco tempo se torna fácil e cheio de alegria. Se precisasse começar novamente, faria tudo do mesmo jeito.

Não se assuste, faça!, porque o caminho já não tem mais pedras!



SUMÁRIO

RESUMIDO

INTRODUÇÃO	10
PREFÁCIO	15
CAPÍTULO I ENGENHEIRO ELADIO DIESTE, O “GÊNIO”	26
CAPÍTULO II OS MATERIAIS - A CERÂMICA ARMADA: INDICAÇÕES PARA PROJETAR	76
CAPÍTULO III SISTEMA P. E C. (PRÉ-MOLDADOS E CAMBOTAS): SISTEMA CONSTRUTIVO COM PRÉ-MOLDADOS LONGOS, REGUADOS E CIMBRES GUIAS (CAMBOTAS)	84
CAPÍTULO IV EXEMPLO DE OBRAS FEITAS COM O SISTEMA P. E C PELO ARQ. ALBERTO BRIZOLARA	130
CAPÍTULO V ABÓBODAS PARA ENTREPISOS: SISTEMA FEITO COM SARRAFOS E COSTELAS	164
CAPÍTULO VI A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS ABÓBODAS	186
CAPÍTULO VII COBERTURAS LAMINARES PLISSADAS DE CERÂMICA ARMADA	208
CAPÍTULO VIII CÚPULAS	234
CAPÍTULO IX PAREDES ESTRUTURADAS PELO SEU FORMATO	262
CAPÍTULO X OBRAS EM TIJOLO E EM CERÂMICA ARMADA FEITAS POR DIVERSOS ARQTS. E ENGS.: PROPOSTAS DE NOVAS ESTRUTURAS	284
CAPÍTULO XI NOVIDADES, CURIOSIDADES E TECNOLOGIA DE PONTA: DIMENSIONAMENTO	310
CAPÍTULO XII CONTRIBUIÇÃO PARA UMA NOVA ARQUITETURA	348
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	380
ORIGEM DAS FIGURAS E ILUSTRAÇÕES	390
GLOSSÁRIO DE TERMOS PORTUGUÊS / ESPAÑOL	392



SUMÁRIO

COMPLETO

INTRODUÇÃO	10	1.4 - ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DA CERÂMICA	80
PREFÁCIO	15	1.5 - MÃO DE OBRA	81
CAPÍTULO I		2 - INDICAÇÕES PARA PROJETAR	81
ENGENHEIRO ELADIO DIESTE, O "GÊNIO"		2.1 - INDICAÇÕES PARA UM ANTEPROJETO	82
	26	2.2 - RECOMENDAÇÕES PARA ESCOLHA DA FLECHA APROPRIADA	82
RESUMEN / SUMMARY	27	3 - RECOMENDAÇÕES GERAIS PRÉVIAS PARA TRABALHAR COM CERÂMICA ARMADA	83
1 - O NASCIMENTO DAS ABÓBODAS DE TIJOLO ARMADO	28	3.1 - ASPECTOS CONSTRUTIVOS	83
2 - O SISTEMA CONSTRUTIVO PARA ABÓBODAS DE CANHÃO RETO AUTOPORTANTE	31	3.2 - ASPECTOS DE PROJETO	83
2.1 - O ELEMENTO PRINCIPAL DO SISTEMA	32		
2.2 - PROCESSO DA MONTAGEM DAS ABÓBODAS RETAS AUTOPORTANTES	33		
3 - SISTEMA CONSTRUTIVO PARA ABÓBODAS DE DUPLA CURVATURA DO ENG. DIESTE - COBERTURAS GAUSS	45		
3.1 - ETAPAS DE MONTAGEM DA ABÓBODA DE DUPLA	47		
3.2 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS ABÓBODAS DE DUPLA CURVATURA	51		
3.3 - COBERTURA AUTOPORTANTE COM DUPLO BALANÇO	52		
3.4 - COBERTURAS ONDULADAS	61		
3.5 - PAREDES AUTOPORTANTES DE TIJOLO ARMADO	61		
3.6 - CAIXAS D'ÁGUA E TORRES	63		
3.7 - EXEMPLO DE OBRA PARA GRANELEIRO	69		
3.8 - EXEMPLO DE RESIDÊNCIA A CASA DE FAMÍLIA DO ENG. DIESTE, 1982	71		
3.9 - OUTROS EXEMPLOS	72		
3.10 - COBERTURA CÔNICA EM TIJOLO ARMADO	73		
3.11 - RESUMO DAS IGREJAS QUE SERÃO ANALISADAS NO CAPÍTULO XII	74		
CAPÍTULO II		4 - OS COMPONENTES DO SISTEMA COM PRÉ-MOLDADOS LONGOS REGUADOS (SISTEMA P. E C.)	94
OS MATERIAIS - A CERÂMICA ARMADA: INDICAÇÕES PARA PROJETAR	76	4.1 - OS PRÉ-MOLDADOS	94
RESUMEN / SUMMARY	77	4.1.1 - Características dos pré-moldados ..	94
1 - UM MATERIAL COMPOSTO	78	4.1.2 - A pré-moldagem ..	99
1.1 - O TIJOLO, O COMPONENTE SÓLIDO	78	4.2 - OS CIMBRES GUIAS (CAMBOTAS)	103
1.2 - O MATERIAL DE LIGA	79	4.2.1 - A curva ..	107
1.3 - AS ARMADURAS	80	5 - A MONTAGEM	110
		6 - EXEMPLO DE UMA OBRA COMUM ACABADA	121
		7 - TIPOS DE AVANÇOS DE OBRA	123
		7.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A MOVIMENTAÇÃO DAS CAMBOTAS	123
		7.2 - ALTERNATIVAS DE AVANÇO DA OBRA	123
		7.3 - OBRA COM MUITAS CAMBOTAS	123
		7.4 - MONTAGEM COM AVANÇO LATERAL DA OBRA	124
		7.5 - EXEMPLO DE OBRA	126
		7.6 - INTEGRAÇÃO ESTRUTURAL	128
		7.7 - DETALHES CONSTRUTIVOS	129

CAPÍTULO IV		CAPÍTULO VI	
EXEMPLO DE OBRAS FEITAS COM O SISTEMA P. E C PELO ARQ. ALBERTO BRIZOLARA	130	A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS ABÓBODAS ..	186
RESUMEN / SUMMARY	131	RESUMEN / SUMMARY	187
1 - RESIDÊNCIA	132	1 - ANTECEDENTES	188
1.1 - OBRA: RESIDÊNCIA DE VERÃO DA FAMÍLIA ROTTÀ	132	2 - COMPONENTES DE CATÁLOGO	188
2 - IGREJAS	136	3 - COMPONENTES INDUSTRIALIZADOS	190
2.1 - OBRA: IGREJA DE RIO BRANCO	136	3.1 - VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS EM OBRA OU EM FÁBRICA	190
2.1.1 - Processo Construtivo	137	3.2 - PARA VIGOTAS DE CONCRETO	191
2.2 - OBRA: IGREJA DO SAGRADO CORAÇÃO (1967-1987)	141	3.3 - COSTELAS INTERMÉDIAS	192
2.2.1 - Um grande desafio	142	3.4 - TIPOS DE TAVELAS	192
2.3 - OBRA: IGREJA N. S. DE LOURDES E SÃO LUIS (1985 - 1997)	143	3.5 - VIGOTAS TRELIÇADAS	193
2.4 - IGREJA N. S. DO ROSÁRIO (1969)	149	4 - OBRA: RODOVIÁRIA DE SANT'ANA DO LIVRAMENTO /RS - 2013	195
3 - DIVERSAS OBRAS	151	5 - COMPONENTES INDUSTRIALIZADOS STALTON	200
3.1 - OBRA: POSTO DE FISCALIZAÇÃO DO ICM ..	151	6 - COMPONENTES DA REGIÃO	202
3.2 - OBRA: REVENDA DE AUTOMÓVEIS FORD (1982)	153	7 - PROCESSO DE MONTAGEM	203
3.3 - OBRA: SESI - SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA (1978)	156	7.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A MONTAGEM	203
3.4 - OBRA: HOTEL INTERNACIONAL - TERMAS DE GRAVATAL (1977)	159	7.2 - O USO DAS COSTELAS NA MONTAGEM	204
CAPÍTULO V		8 - PROPRIEDADES DA ABÓBODA INDUSTRIALIZADA	204
ABÓBODAS PARA ENTREPISOS: SISTEMA FEITO COM SARRAFOS E COSTELAS ..	164	8.1 - COLABORAÇÃO ESTRUTURAL DOS COMPONENTES	205
RESUMEN / SUMMARY	165	8.2 - ISOLAMENTO TÉRMICO	205
1 - UM SISTEMA SINGULAR	166	8.3 - VISUAL INTERNO	205
1.1 - ELEMENTOS BÁSICOS	167	8.4 - OS ESFORÇOS TRANSVERSAIS (FLAMBAGEM) NA LÂMINA	205
1.2 - QUANDO ESTE SISTEMA É CONVENIENTE? ..	167	9 - CONCLUSÃO	206
1.3 - CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	169		
1.4 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS	169		
2 - PROCESSO DE MONTAGEM	171	CAPÍTULO VII	
3 - EXEMPLOS DE ACABAMENTOS	179	COBERTURAS LAMINARES PLISSADAS DE CERÂMICA ARMADA ..	208
4 - COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE UM EDIFÍCIO FEITO COM ABÓBODAS DE ENTREPISO	182	RESUMEN / SUMMARY	209
4.1 - UMA VISÃO PRÉVIA	182	1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	210
4.2 - OS EFEITOS DAS CARGAS SOBRE A ESTRUTURA COM ABÓBODAS	183	2 - OS ELEMENTOS BÁSICOS DESTAS COBERTURAS	210
4.3 - OS EFEITOS DAS CARGAS SOBRE A ESTRUTURA CONVENCIONAL RETICULADA	184		

3 - OS COMPONENTES CONSTRUTIVOS	212	1 - CÚPULAS COM CINTEL SEM FORMAS	236
3.1 - A TÁBUA DO VALE, GUIA INFERIOR	212	2 - SISTEMA CONSTRUTIVO	238
3.2 - A TÁBUA GUIA SUPERIOR	212	2.1 - CONSTRUINDO UMA CÚPULA	239
3.3 - O PRÉ-MOLDADO RETO	212	3 - CÚPULAS EM FORNOS DE CARVÃO	241
3.4 - ALGUNS EXEMPLOS DESTAS COBERTURAS	213	3.1 - COMEÇANDO A CONSTRUIR A CÚPULA DO FORNO	243
4 - O SISTEMA CONSTRUTIVO	214	4 - EXEMPLO DE CÚPULA NA AMPLIAÇÃO DE UMA RODOVIÁRIA	244
4.1 - EXEMPLOS	215	4.1 - ETAPAS DE CONSTRUÇÃO	246
4.1.1 - Cobertura plissada transversal: Conjunto de escritórios na cidade de Rio Branco/Uruguai, Arq. J. M. Aroztegui (1974)	215	4.2 - IMAGENS DA AMPLIAÇÃO DA RODOVIÁRIA AO TERMINAR A OBRA	253
4.1.2 - Biblioteca Municipal - Rivera, Uruguai (1966) - Cobertura em cerâmica armada plissada (Arq. A. Brizolara)	216	5 - RESIDÊNCIA FLIA. NASSER	255
4.2 - USOS ESTRUTURAIS DO SISTEMA	217	6 - EXEMPLOS DE COBERTURAS CHAMADAS CÚPULAS	261
4.2.1 - Coberturas autoportantes	217		
4.2.2 - Coberturas apoiadas sobre paredes	218		
4.2.3 - Casas populares supereconômicas com cobertura plissada	219		
4.2.4 - Exemplo de comércios - Arq. José M. Aroztegui	221		
5 - PROCESSO DE MONTAGEM DE COBERTURAS PLISSADAS AUTOPORTANTES	223		
6 - CONSIDERAÇÕES GERAIS IMPORTANTES	226		
6.1 - DIMENSÕES DOS PRÉ-MOLDADOS	226	CAPÍTULO IX	
6.2 - EMPUXO HORIZONTAL	227	PAREDES ESTRUTURADAS PELO SEU FORMATO	262
6.3 - CUIDADOS ESPECIAIS	227	RESUMEN / SUMMARY	263
6.4 - QUANDO O SISTEMA É O MAIS CONVENIENTE?	227		
7 - COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DAS COBERTURAS PLISSADAS	227	1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	264
7.1 - O EFEITO DO PLISSADO	228	2 - MUROS DE ARRIMO NUM PRÉDIO COM ESTRUTURA	265
7.2 - ANÁLISE DAS CARGAS NO PLISSADO	229	3 - MUROS DE ARRIMO USANDO A TERRA COMO ESTABILIZADORA	268
7.2.1 - Primeiro vamos analisar no sentido transversal ao plissado	XXX	4 - PAREDES SUBMETIDAS A PRESSÕES HORIZONTAIS DOS DOIS LADOS	271
7.3 - ESTRUTURA PLISSADA SEGUNDO O VÃO PRINCIPAL (I)	230	5 - PAREDES PARA GALPÕES RURAIS	273
7.3.1 - As cargas	230	6 - PAREDES DE TIJOLO ARMADO COM FINALIDADE ESSENCIALMENTE ESTÉTICA	274
7.3.2 - Esforço cortante	232	6.1 - EXEMPLO: IGREJA DE ATLÂNTIDA, URUGUAI	274
7.4 - NOVAS COBERTURAS PLISSADAS	232	7 - PAREDES PARA GRANELEIROS	278
CAPÍTULO VIII			
CÚPULAS	234		
RESUMEN / SUMMARY	235	CAPÍTULO X	
		OBRAS EM TIJOLO E EM CERÂMICA ARMADA FEITAS POR DIVERSOS ARQTS. E ENGS.: PROPOSTAS DE NOVAS ESTRUTURAS	284
		RESUMEN / SUMMARY	285
		1 - APRESENTAÇÃO	286

2 - ARQ. E ARQUEÓLOGO HASSAN FATHY - EGITO	286	CAPÍTULO XI	
2.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	286	NOVIDADES, CURIOSIDADES E TECNOLOGIA	
2.2 - NEW GOURNA - UMA OBRA SINGULAR, UMA		DE PONTA: DIMENSIONAMENTO	310
CIDADEZINHA EM ARCOS, ABÓBODAS E CÚPULAS ..			
.....	287		
2.3 - O SISTEMA CONSTRUTIVO	289		
3 - ENG. ARIEL VALMAGGIA E ARQUITETOS NO			
BRASIL	292		
3.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	292		
3.2 - OBRAS	292		
3.2.1 - Obra: Revenda Seal Motos (1983) ..	292		
3.2.2 - Obra: Assembleia Legislativa do Piauí			
(1983)	293		
3.2.3 - Obra: Posto de Fiscalização do I. C. M.			
(1980)	293		
3.2.4 - Obra: Passarela do Campus da			
Universidade Federal do Piauí (1994)	294		
3.2.5 - Obra: Torre da TV Educativa (1994) ..	294		
4 - ARQ. VITOR LOTUFO	295		
4.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	295		
4.2 - DADOS PESSOAIS	295		
4.3 - O SISTEMA	296		
5 - ARQ. SOLANO BENÍTEZ	297		
5.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	297		
6 - ARQ. VICENTE SARRABLO	299		
6.1 - DADOS PESSOAIS	299		
6.2 - A SUA PROCURA CONSTRUTIVA	299		
6.3 - UMA IDEIA BRILHANTE, O <i>FLEXBRICK</i> (TIJOLO			
FLEXÍVEL)	299		
6.4 - O PROCESSO CONSTRUTIVO ESQUEMÁTICO ..	301		
6.5 - VANTAGENS OBTIDAS COM A INOVAÇÃO DO			
ARQ. V. SARRABLO	302		
6.6 - EXEMPLO DE APLICAÇÕES DO <i>FLEXBRICK</i> ..	302		
6.7 - ARQ. V. SARRABLO ABRINDO CAMINHOS ..	305		
7 - PROPOSTAS DE NOVAS ESTRUTURAS	305		
7.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	305		
7.2 - OUTRAS PROPOSTAS PARA SOLUÇÕES DE			
GRANDES VÃOS COM CERÂMICA ARMADA	306		
7.3 - OUTRAS COBERTURAS, AUDITÓRIOS E HANGARES			
.....	307		
7.4 - IGREJAS	308		
7.5 - CENTROS COMERCIAIS - RESIDÊNCIAS	308		
7.6 - FÁBRICAS OU DEPÓSITOS	309		
		RESUMEN / SUMMARY	311
		1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	312
		2 - O SISTEMA DE "ADUELAS - ONDA"	313
		2.1 - UMA SOLUÇÃO CONSTRUTIVA PARA GRANDES	
		VÃOS	313
		2.2 - A CONSTRUÇÃO	314
		2.3 - O PROCESSO DA OBRA	315
		2.4 - DETALHES DA ADUELA-ONDA	318
		2.5 - OBSERVAÇÕES	320
		2.6 - COMENTÁRIOS FINAIS	320
		3 - PÓS-COMPRESSÃO SINGULAR	321
		3.1 - DEPÓSITO DE PORTO	321
		4 - CAIXA D'ÁGUA PÊNSIL EM TIJOLO ARMADO	323
		4.1 - ETAPAS DA CONSTRUÇÃO	324
		5 - COBERTURA DE TIJOLO ARMADO EM TRONCO	
		DE PIRÂMIDE	328
		5.1 - FÁBRICA	328
		6 - CÚPULAS COM BASE QUADRADA	332
		6.1 - MERCADO	332
		6.2 - CÚPULAS COMPOSTAS	332
		6.3 - CÚPULA DE PEDRA, MEDIEVAL, COM BASE	
		QUADRADA	333
		7 - CASAS COM COBERTURA EM PONTA DE	
		DIAMANTE	334
		7.1 - CASAS	334
		7.2 - EXEMPLO DE CASA EM BALNEÁRIO	336
		8 - CASAS ECONÔMICAS	337
		8.1 - CASA COM ABÓBODA E BLOCOS CERÂMICOS ..	
		.....	337
		8.2 - CASAS COM TELHADO PRÉ-MOLDADO A DUAS	
		ÁGUAS	338
		9 - OS DIMENSIONAMENTOS	339
		9.1 - DETERMINANDO UMA CATENÁRIA	339
		9.1.1 - 1o Método prático	339
		9.1.2 - 2o Método matemático para determinar	
		a catenária	340
		9.1.3 - Equações da catenária	340
		9.1.4 - Determinação dos valores	341

CAPÍTULO XII	
CONTRIBUIÇÃO PARA UMA NOVA ARQUITETURA	348
RESUMEN / SUMMARY	349
1 - IDEIAS BÁSICAS	350
1.1 - AS TECNOLOGIAS DO TIJOLO	350
1.2 - A CRIAÇÃO INTUITIVA	350
1.3 - OS ESTILOS	350
1.4 - O NASCIMENTO DE UMA NOVA CRIAÇÃO	350
1.5 - AS MISTURAS FORMAIS	351
1.6 - UMA SURPRESA	351
1.7 - A NOVA ARQUITETURA	352
1.8 - A NOVA TECNOLOGIA	352
1.8.1 - Algumas referências	352
2 - ENG. ELADIO DIESTE E A NOVA ARQUITETURA	354
2.1 - A IGREJA PIONEIRA	354
2.1.1 - Mensagem do sistema construtivo	355
2.1.2 - A obra	355
2.1.3 - O sistema construtivo	358
2.1.4 - A estrutura	359
2.1.5 - O mezanino do coro	361
2.1.6 - O campanário	362
2.1.7 - Considerações	363
2.2 - IGREJA EM MONTEVIDÉU	363
2.3 - IGREJA NA ESPANHA	365
2.4 - UM SHOPPING CENTER NO URUGUAI	367
3 - OBRAS DO ARQ. ALBERTO BRIZOLARA, REFERENTES A NOVA ARQUITETURA	370
3.1 - AMPLIAÇÃO DA CAPELA	370
3.1.1 - Os motivos	371
3.1.2 - A criação dos espaços	371
3.1.3 - O processo da obra	372
3.1.4 - A obra acabada	376
3.1.5 - Detalhes construtivos	377
3.1.6 - Conclusões	377
3.2 - IGREJA COM PARABOLÓIDES HIPERBÓLICOS NO URUGUAI	378
3.2.1 - As determinantes	378
3.2.2 - O esquema espacial	379
3.2.3 - Levantando as paredes	380
3.2.4 - Um detalhe	381
3.3 - CONSTRUÇÃO COM PAREDES AUTORESISTENTE	381
3.3.1 - Contribuição a uma nova arquitetura	381
3.3.2 - Paredes autoresistentes	382
3.3.3 - A obra finalizada	384
3.3.4 - Construção da casa Paroquial	385
3.3.5 - Conclusões sobre a obra da igreja	385
4 - INFLUÊNCIA DO ARQ. VICENTE SARRABLO NA NOVA ARQUITETURA	386
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	388
ORIGEM DAS FIGURAS E ILUSTRAÇÕES	390
GLOSSÁRIO DE TERMOS PORTUGUÊS / ESPANHOL	392



CAPÍTULO I

ENGENHEIRO ELADIO DIESTE, O “GÊNIO”



Resumen (español)

Ing. Eladio Dieste “El Genio”

Nacimiento de las bóvedas de ladrillo armado. Se da una pequeña reseña histórica de este ingeniero, con él se da el divisor de aguas en las cubiertas con bóvedas, antes se hacía con hormigón, con Dieste se pasa a hacer mucho más económica con ladrillo armado. El inventa el uso, el cálculo y el dimensionamiento de este nuevo material, además son obras de altísima belleza. Transforma el ladrillo en un exponente de la arquitectura y de la ingeniería mundial.

El sistema constructivo se basa en encofrados parciales desplazables. Fue el primer sistema en el mundo usado para hacer bóvedas de ladrillo armado en la era moderna, los encofrados tienen de 4 a 5 m. de largo y su forma curva es una anti-catenaria, estos se desplazan y se reutilizan.

Dieste inventó muchos elementos auxiliares al sistema: gatos hidráulicos para la pos-tensión, mecanismo de subida y bajada de los encofrados, sargentos de pinzamiento para pos- tensión etc..

En este capítulo se describe el proceso constructivo paso a paso en obra, con dibujos y fotos. Sistema en bóvedas de cañón recto (Fig. I-3 a la Fig. I-32). Para proyectos que exigen cuerdas muy grandes próximas a 50 m. (gimnasios, mercados, fábricas), Dieste usa bóvedas con doble curvatura (Fig. I-33 a la Fig. I-51). Se muestra bóvedas con doble voladizo, con sus armaduras y esquemas del comportamiento estructural de la bóveda de la Fig. I-1, Fig. I-4 y Fig. I-5. Bóvedas con doble curvatura para graneros horizontales, se describe el proceso constructivo (Fig. I-120 a la Fig. I-130). Bóvedas auto-portantes y pergeladas en una residencia (Fig. I-131 a la Fig. I-134). Ejemplos de diversas obras (Fig. I-68, I-70 a la Fig. I-82).

Summary (english)

Eng. Eladio Dieste “The Genius”

Birth of the armored brick vaults. A brief historical review of this engineer is made, Dieste's technique is a watershed in roofs with vaults, before it was made with concrete, with his technique it is made much cheaper with reinforced bricks. He invents the use, calculation and sizing of this new material, besides, they are extremely beautiful works. Dieste transforms brick into an exponent of architecture and world engineering.

The construction system is based on partial displaceable formworks. It was the first system in the world used to make armored brick vaults in the modern era, the formwork is 4 to 5 m. long and its curved shape is an anti-catenary, the formworks can be moved and reused.

Dieste invented many auxiliary elements to the system: hydraulic jacks for post-tensioning, mechanism for raising and lowering the formworks, grip sergeants for post tensioning etc.. This chapter describes the step-by-step construction process on site, with drawings and photos. System in straight barrel vaults (Fig. I-3 to Fig. I-32). For projects that require very large strings close to 50 m. (gyms, markets, factories), Dieste uses vaults with double curvature (Fig. I-33 to Fig. I-51). It shows vaults with double flown, with their reinforcements and schemes of the structural behavior of the vault on Fig. I-1, Fig. I-4 and Fig. I-5. Vaults with double curvature for horizontal granaries, the construction process is described (Fig. I-120 to Fig. I-130). Self-supporting and pergolated vaults in a residence (Fig. I-131 to Fig. I-134). Examples of various works (Figs. I-68,70 to Fig. I-82).

1

O NASCIMENTO DAS ABÓBODAS DE TIJOLO ARMADO

É verdade que esta publicação tem como objetivo ensinar os diversos sistemas construtivos de estruturas laminares com cerâmica armada, e efetivamente o faremos. Abordaremos com o maior detalhe possível os sistemas construtivos utilizados pelo Engenheiro uruguai Eladio Dieste.

Dado o significado histórico no processo das criações estruturais, não podemos deixar de dizer, embora brevemente, algumas palavras referente a este gênio. Nasceu no departamento de Artigas, no

interior do Uruguai, em 1917, e faleceu aos 83 anos. Formado na Faculdade de Engenharia de Montevidéu em 1943, tornando-se, no ano de 1953, Professor Catedrático na mesma faculdade.

Com Eladio, além da tecnologia, existe uma proposta formal, uma poética arquitetônica que, transitando pelo caminho de uma nova tecnologia, projeta-se clara, simples e formosa. Consegue cristalizar o velho axioma prático, “juntar o útil ao agradável”.



Fig. I-1. Monumento ao Eng. Eladio Dieste, localizado no acesso à cidade de Salto - UY. Nesta cidade, o Eng. fez diversas obras. (*- 5).



Fig. I-2. Outra vista das asas de gaivota, este é o símbolo da viga autoportante das abóbadas. (*-5).



Fig. I-3. Esta gaivota desafia as leis da gravidade e da estática. Qual será a sua deformada?, veremos mais adiante. Está submetida, além dos esforços normais, a esforços de tombamento por ventos e cargas assimétricas. Também deve suportar esforços de torsão no pilar. (*- 5).

COMPORTAMENTO ESTRUTURAL COM DUPLO BALANÇO

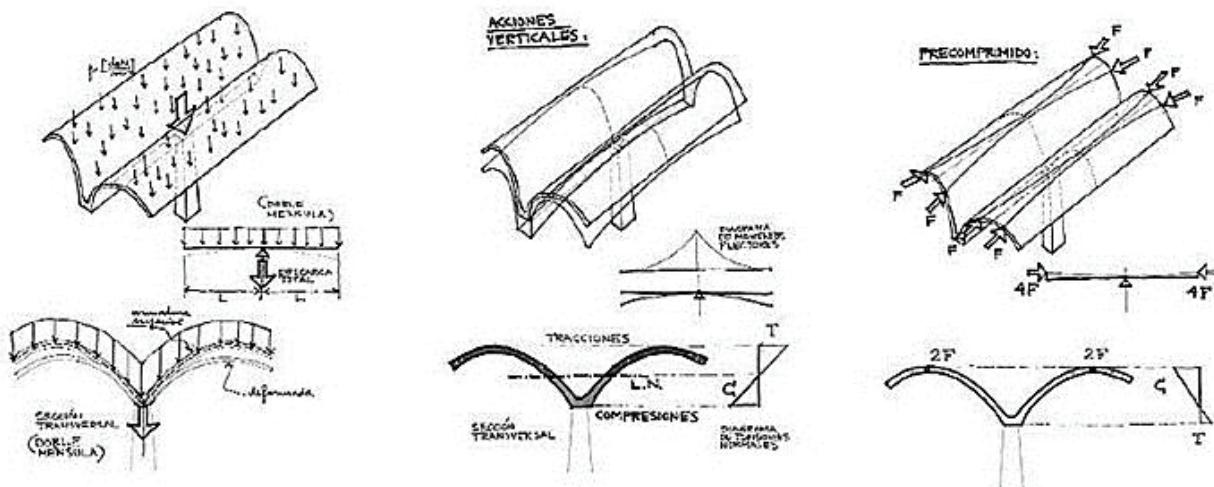


Fig. I-4. Esquemas de deformações e diagramas de forças e momentos de uma cobertura em asa de gaivota com 1 pilar somente. Interpretação do Eng. E. Dieste. (*-2).

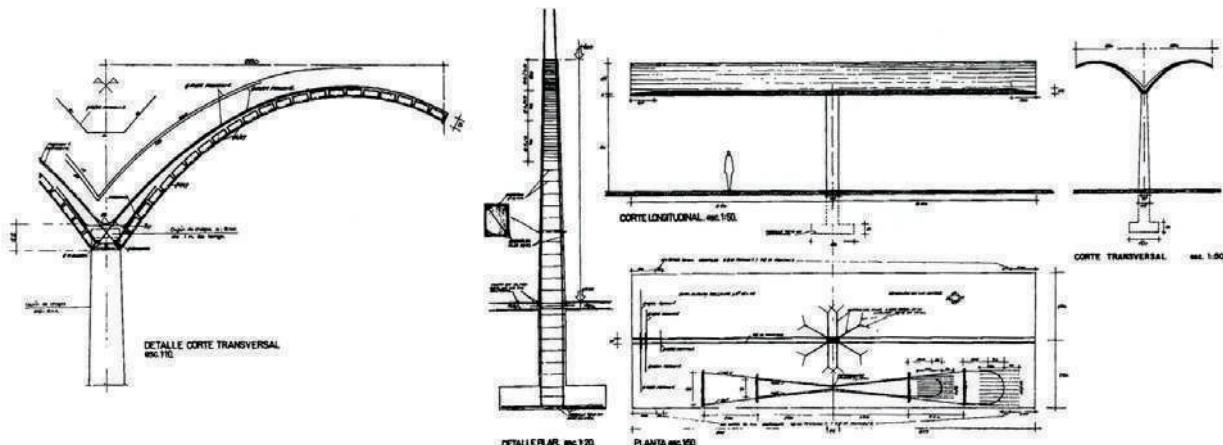


Fig. I-5. Detalhe das armaduras do memorial ao Eng. E. Dieste em asas de gaivota, mostrado nas Figs. I-1 e I-2. Observe as armaduras de pós-tensão sobre a cobertura em duplo balanço. (*-3).

Diríamos que ele se projeta na história das eminências junto a Pier Luigi Nervi, Burmister Fuller, Felix Candela e outros. Com o Eng. Dieste, faz-se mundialmente o divisor das águas nas coberturas com abóbodas. Se antes fazer abóbodas autoportantes de concreto se configurava em um esbanjamento, com ele, passou a ser uma via naturalmente mais econômica.

No trabalho de E. Dieste, vemos que ao mesmo tempo em que vai criando materiais, sistemas construtivos, interpretações de comportamentos estru-

rais, vias diferentes de cálculo estrutural, vai também criando beleza.

Diremos, em geral, que querer fazer beleza é amar o que se faz. Obras são testemunhos históricos, quem as constrói no mundo buscando a beleza, ama ao próximo. Dizemos também que buscar a beleza é buscar a Deus, sentimento concordante com a intimidade profundamente religiosa do Eng. Dieste.

Sua obra está focada na sua principal invenção – **a cerâmica armada** –, a qual possuía um altíssimo conhecimento construtivo, intuição e refinamento

especial quando necessário resolver problemas construtivos. Essas qualidades lhe permitiram elaborar grandes e esbeltas estruturas com uma construção baseada na eficiência, na economia e na elegância. Com este gênio, pode-se dizer que há, nesta área da construção, um ponto de inflexão, um antes e um depois de Dieste.

Na década dos anos 60 do século passado, prestes a me formar arquiteto, conheci suas obras, fiquei impactado pela leveza em grandes vãos, pela lógica temerária da estrutura e por uma beleza surpreendente e misteriosa.

Só uma conclusão tirei da experiência. “Isso se pode fazer!”, é como se a história das estruturas laminares houvesse mudado, agora é outra história!

Eu vou por esse caminho! Assim sendo, a procura era avançar, progredir, melhorar, usar o tijolo armado procurando aperfeiçoar o sistema construtivo, dando-lhe mais rapidez, usando menos mão-de-obra e menos insumos iniciais.

O uso inovador desse material pelo Eng. Dieste transformou o tijolo armado em um expoente da arquitetura e da engenharia mundial.

O elogio aos gênios é pegar o seu descobrimento a fim de aproveitá-lo, utilizá-lo e desenvolvê-lo. Elogiar, no nosso campo, não é só admirar de forma estéril, mas pô-lo em prática. Agora se explica a necessidade e a motivação de fazer este livro. Com o Eng. Eladio Dieste, dizemos que gênio nasce, não se faz; posteriormente, lapida-se e se pule.

2

O SISTEMA CONSTRUTIVO PARA ABÓBODAS DE CANHÃO RETO AUTOPORTANTE

ABÓBODAS FEITAS COM FORMAS PARCIAIS DESLOCÁVEIS

Este sistema construtivo criado pelo Eng. E. Dieste foi o primeiro sistema usado no mundo para fazer coberturas em abóbodas autoportantes de tijolo armado.

O importante de tudo isso não é o sistema construtivo em si, temos de vê-lo numa perspectiva histórica. Com tal sistema, concretizou-se o começo de uma nova era – a era moderna das coberturas laminares autoportantes com um novo material, a cerâmica armada.

O importante é o descobrimento genial do Eng. Eladio Dieste, uruguai, que percebeu as qualidades físico-resistentes do material composto

(tijolo, argamassa de cimento e armadura), assim elaborando o conceito resistente das estruturas curvas (abóbadas) sem o uso do tímpano fechado ou rígido, dando uma curva adequada à montagem de obra menos cara e mais rápida.

Depois disso, o grande passo foi dado para as coberturas laminares em tijolo armado; fica pela frente aperfeiçoar sistemas construtivos para obter mais economia e rapidez, aberturas de alternativas para mais beleza, isto é, a busca da perfeição – esse é o desafio aos profissionais da área da construção, Arquitetos e Engenheiros.

2.1 - O ELEMENTO PRINCIPAL DO SISTEMA

Com esse novo material (o tijolo armado), o elemento principal deste sistema construtivo é uma **forma com a curva da abóboda (anticatenaria)** entre 4 m. e 5 m. de comprimento. Já tinha sido feita na Europa abóboda de concreto, com formas totais e com perfil com curva circular ou elíptica.

A grande criação (invenção) do Eng. Eladio se baseia no seguinte: **o material** é o tijolo armado, **a forma** é parcialmente reutilizável, o perfil é **a curva anticatenaria** e o **conceito estrutural** não é o da membrana, mas o da lâmina, por isso passamos a chamar estruturas laminares. Outro elemento auxiliar que vem aperfeiçoar o sistema construtivo é o “**macaco de pós-tensão**”, que será visto com detalhes mais adiante. Esse mecanismo também foi criado pelo Eng. Dieste. Outros elementos foram também utilizados e foram importantes em diversos tipos de obras; alguns são usados na montagem de abóbodas de canhão horizontal autoportantes; outros, na montagem de abóbodas de dupla curvatura. Exemplo disto, veremos mais adiante, andainmes especiais, sargentos, etc.



Fig. I-6. Como a altura é grande, o operário de baixo coloca o tijolo em uma pá para lançá-lo para o operário de cima. (*-5).



Fig. I-7. Nesta figura, temos um flash geral das diversas operações que se realizam sobre as formas para fazer as abóbodas. (*-5).

2.2 PROCESSO DA MONTAGEM DAS ABÓBODAS RETAS AUTOPORTANTES

1º PASSO DA MONTAGEM - COLOCAÇÃO DOS VALES ESCORADOS E FORMAS DAS ABAS HORIZONTAIS DOS EXTREMOS

Prévio a começar a operação de montagem, a obra terá que ter todo o seu contrapiso de concreto pronto, assim como os pilares, no mínimo em toda a área que vai ser coberta pela abóboda.

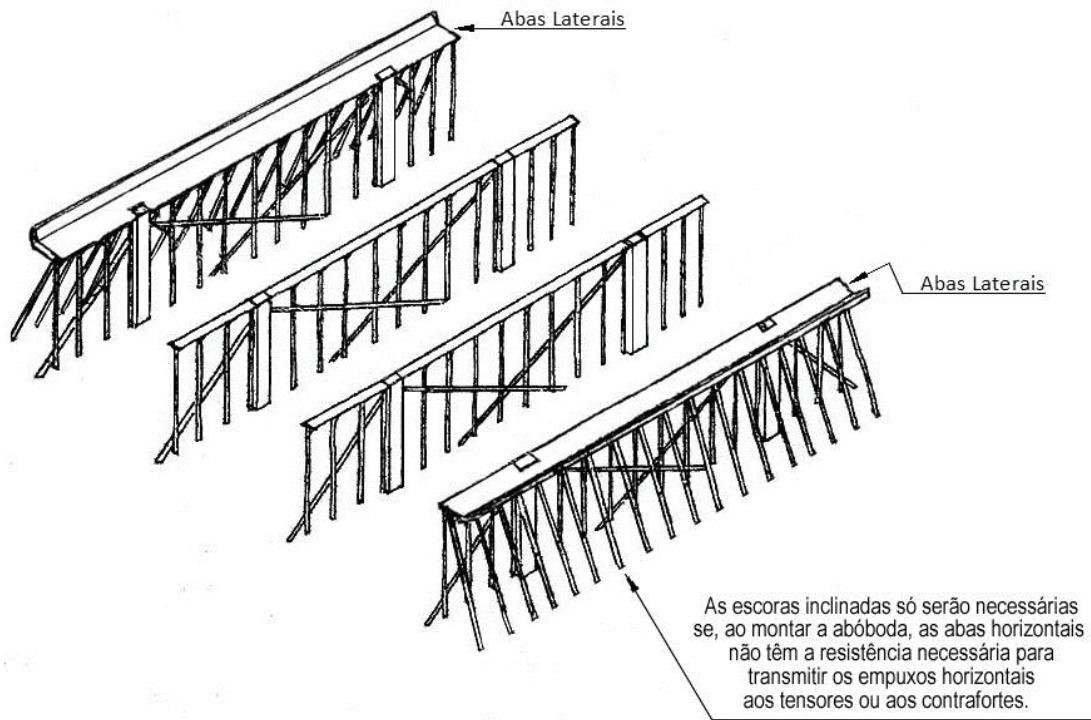


Fig. I-8. 1º Passo – Colocação dos vales com tábuas escoradas e abas extremas (*- 5).



Fig. I-9. Nota-se que os vales estão todos escorados em tudo o que vai ser a superfície da abóboda. Veja um operário que está à baralhando um tijolo que o operário do chão lançou. (*-5).



Fig. I-10. Ao longe, um conjunto de abóbodas em montagem, onde se vê na sua continuação os vales escorados previamente. (*-5).

2º PASSO DA MONTAGEM - COLOCAÇÃO DE TIJOLOS NOS VALES, NAS ABAS EXTREMAS E COLOCAÇÃO DE TENSORES FROUXOS

Pode acontecer que, como nas Figs. I-11 e I-12, nos extremos, existam contrafortes que substituam os tensores, de forma que o espaço fique livre sem interrupção horizontal.



Fig. I-11. Abóbadas autoportantes sem tensor atracontraforte vessado para absorver os esforços horizontais. (*-5).



Fig. I-12. Conjunto de abóbadas no extremo e sem tensor. (*- 5).

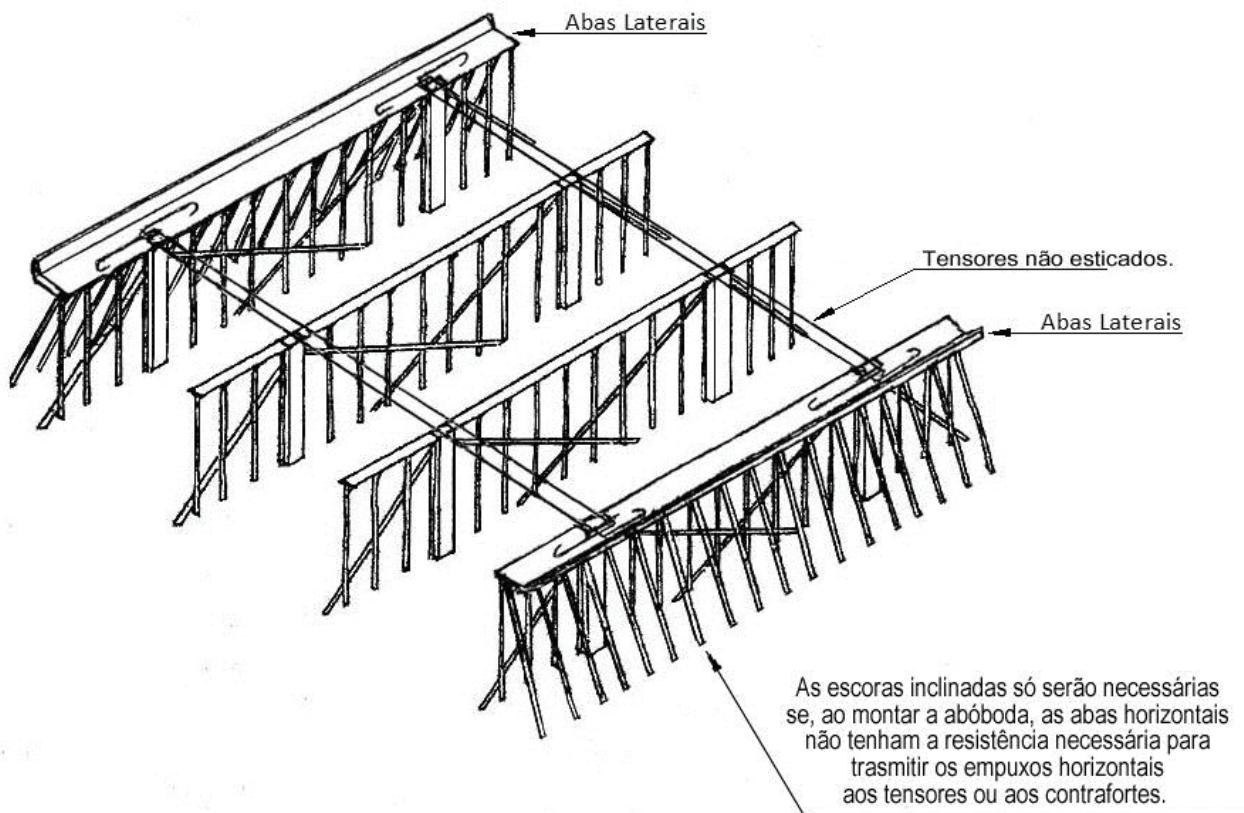


Fig. I-13. 2º Passo – Colocam-se, nos vales, os tijolos e argamassa de cimento com as armaduras necessárias. Nas abas extremas faz-se o mesmo, acrescenta-se a ancoragem dos tensores e se coloca a camada definitiva de argamassa ou concreto. (*-5).

3º PASSO DA MONTAGEM – COLOCAÇÃO DE FORMAS PARCIAIS

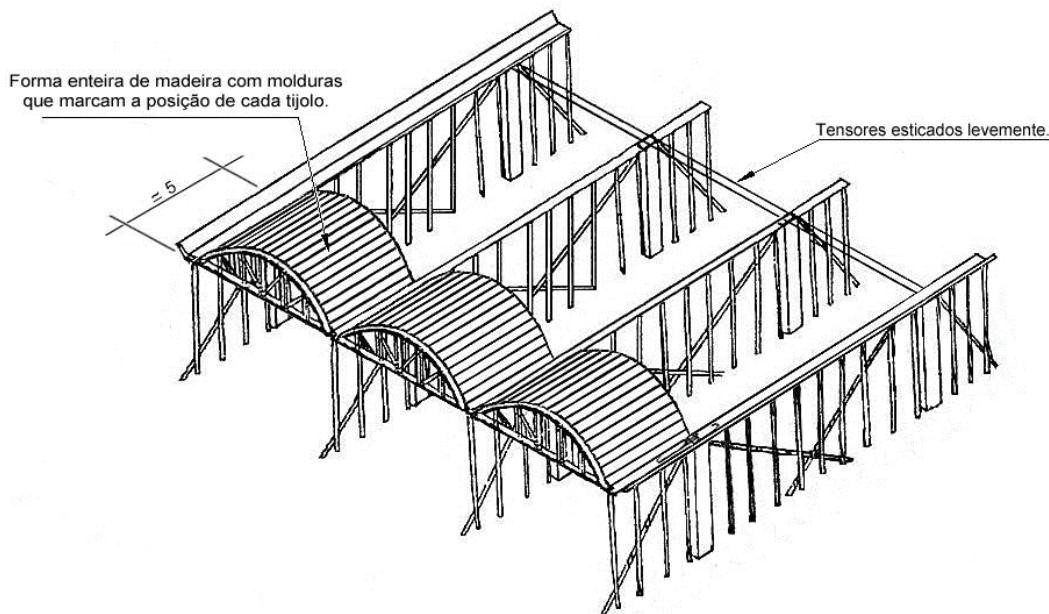


Fig. I-14. Para este 3º passo, fizeram-se as formas das abóbadas de aproximadamente 4 m. a 5 m. de comprimento. Todas são iguais e levam a mesma quantidade de tijolo – estudadas e projetadas para serem o mais leve possível, sua curva é a *anticatenaria*. Tais formas são posicionadas na altura e lugar certos, para que no próximo passo se coloquem sobre elas os tijolos armaduras e argamassa. (*-5).

4º PASSO DA MONTAGEM – COLOCAÇÃO DE TIJOLOS, ARMADURAS DE DISTRIBUIÇÃO E ARGAMASSA NAS JUNTAS DOS TIJOLOS

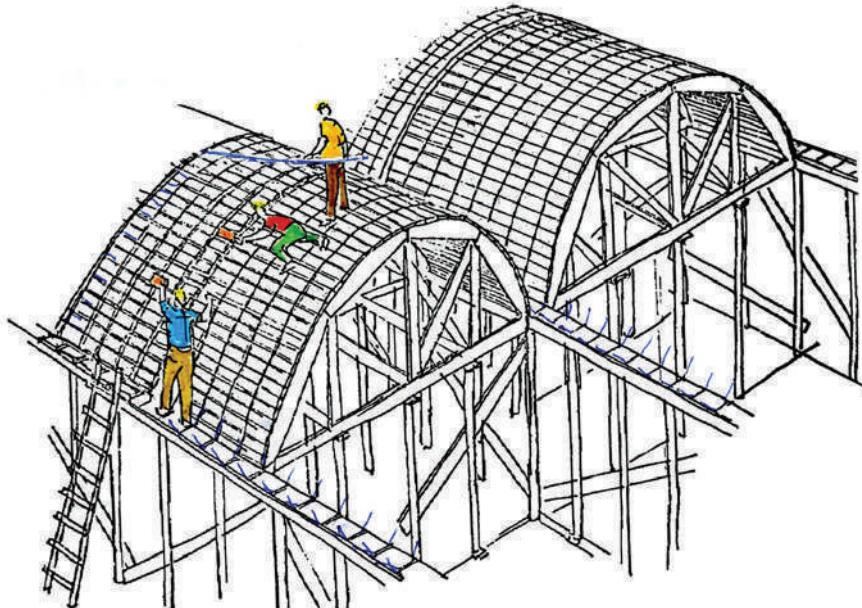


Fig. I-15. Para este 4º Passo, devido às formas feitas com as molduras nas juntas dos tijolos, os mesmos são fáceis de colocar (Fig. I-17). As juntas ficarão marcadas. À medida que precisar, os tijolos são lançados por debaixo e baralhados por cima (Fig. I-16). Na abóboda anterior, deixam-se armaduras de espera, que são continuadas neste trecho da abóboda. Dependendo da necessidade, colocar-se-ão armaduras finas (Exp. Ø 6) de repartição em todas as juntas, ou nas juntas que deixam retângulos com 2 (dois) ou mais tijolos. (*-5).

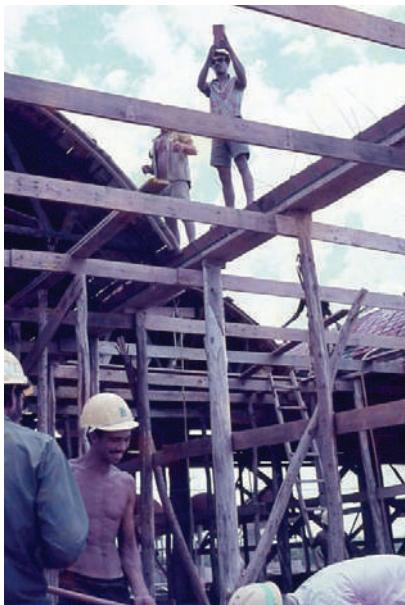


Fig. I-16. O primeiro passo que se faz é bolear os tijolos para cima. Nesta figura, o operário de cima acaba de baralhar um tijolo. (*-5).



Fig. I-17. Os tijolos são colocados nos lugares entre as molduras das juntas. Ainda não foram colocadas as armaduras nem a argamassa de cimento. (*-5).



Fig. I-18. Nesta figura, podem se observar quase todos os trabalhos desta etapa:

- 1) Mais atrás se vê a colocação dos tijolos em seco.
- 2) Na outra abóboda, vê-se a colocação das armaduras nas juntas com argamassa.
- 3) Na abóboda mais próxima, observam-se as juntas já preenchidas com argamassa e a interrupção da abóboda prevendo a janela de luz zenital. (*-5).

Uma variante a esta versão, para fazer uma forma mais rápida e econômica, é não colocar as molduras na forma curva, mas pôr os tijolos com linhas (barbantes) e colocar na junta um mínimo de argamassa para fixar a posição do tijolo. Essa alternativa exige um mínimo de cuidado de bom pedreiro.

5º PASSO DA MONTAGEM – DESMOLDAGEM E RECOLOCAÇÃO DE FORMAS

Feitas todas estas tarefas, que mostram as figuras anteriores (Figs. I-15, I-16 e I-18) sobre a forma (de 4 m. a 5 m.), em todas as frentes do conjunto de abóbodas que estão sendo feitas (Figs. I-9 e I-10), é necessário seguir avançando, uma por uma, em todo o conjunto. Teremos que desmoldar e recolocar as formas em toda a frente das abóbodas. Nossa avanço será de 5 m. em 5 m., como se mostra no corte esquemático (Fig. I-19). A forma está apoiada em quatro pontos estratégicos, onde tem elementos que baixam, por exemplo, canos com rosca, macacos simples (mecânicos), ou qualquer outro elemento que permita reduzir suavemente sua altura. Para desmoldar, baixam-se coordenadamente e por igual os quatro pontos. Se a forma é maior, podem ser mais pontos de deslocamento vertical, sempre em número par.

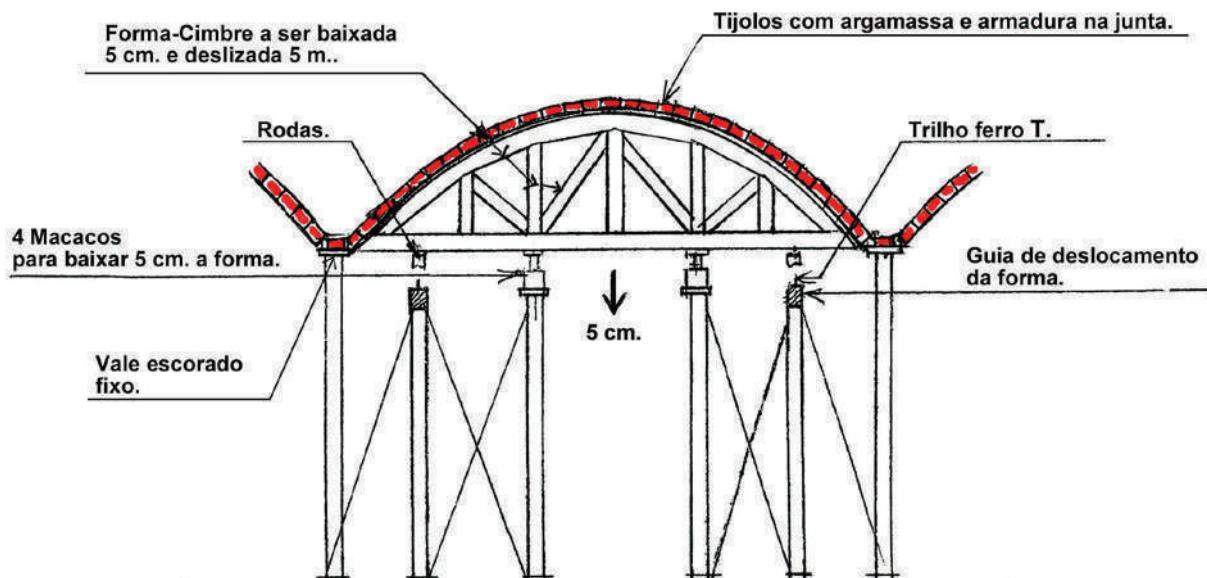


Fig. I-19. Neste corte esquemático, observam-se os pontos onde baixa (macacos, etc.) até encostar as rodinhas no trilho para logo empurrar, deslocar a forma 5 m. (neste caso) para a frente. (*-5).

Depois de baixar a forma mais ou menos 5 cm. e apoiadas às rodas nos trilhos (Fig. I-19), procede-se a empurrar, deslocando a forma para a nova posição, 5 m. mais adiante; normalmente, isto se faz de modo manual. Esta operação é a mais delicada, uma descida maior numa ponta pode colapsar a abóboda feita no mínimo faz 5 horas. Para que isto não aconteça, se coordenam os movimentos para a descida como se fosse um mestre de orquestra.



Fig. I-20. Tesouras curvas apresentadas em cima. (*-5).



Fig. I-21. Tábuas já pregadas nas tesouras. (*-5)

O processo de armação das formas parciais começa no chão da obra. O primeiro a ser armado são as tesouras trianguladas de lombo curvo, e se cortam as tábuas do comprimento da forma parcial (Ex. 5 m.). Na altura do vale da cobertura, faz-se um entabuado provisório onde se arma a forma. Na Fig. I-20, estão as tesouras nas suas respectivas distâncias. Na Fig. I-21, já foram cravadas as tábuas da forma e, em ambas, já estão colocadas as rodinhas.



Fig. I-22. Neste exemplo, a forma foi sarrafeada marcando a posição dos tijolos, nota-se que, posteriormente, os tijolos foram envernizados. (*-5).



Fig. I-23. Neste caso, como na figura anterior, a junta está marcada, mas os tijolos estão ao natural. (*-5).



Fig. I-24. Detalhe do mecanismo para descer e deslocar as formas parciais em abóboda de canhão reto autoportantes. O trilho **T** invertido prolonga-se na próxima abóboda. Nota-se o corte na base do parafuso, que ajuda a forma a não sair do trilho no seu deslocamento. (*-5).



Fig. I-25. Quando a forma não tem sarro, no caso das formas de dupla curvatura, elas têm de 2 a 3 m., procede-se a arrumar e caprichar aquelas juntas mal feitas. As juntas não têm reentrância. (*- 6).

Estando a forma na nova posição, procede-se com o cano-rosca a elevar a forma ao mesmo nível que estava anteriormente. A colocação dos novos tijolos sobre a forma ficam na mesma altura da posição anterior, com as juntas entre tijolos, continuando as anteriores, e as armaduras de espera continuarão com as novas armaduras vide (Figs. I-15 e I-19).

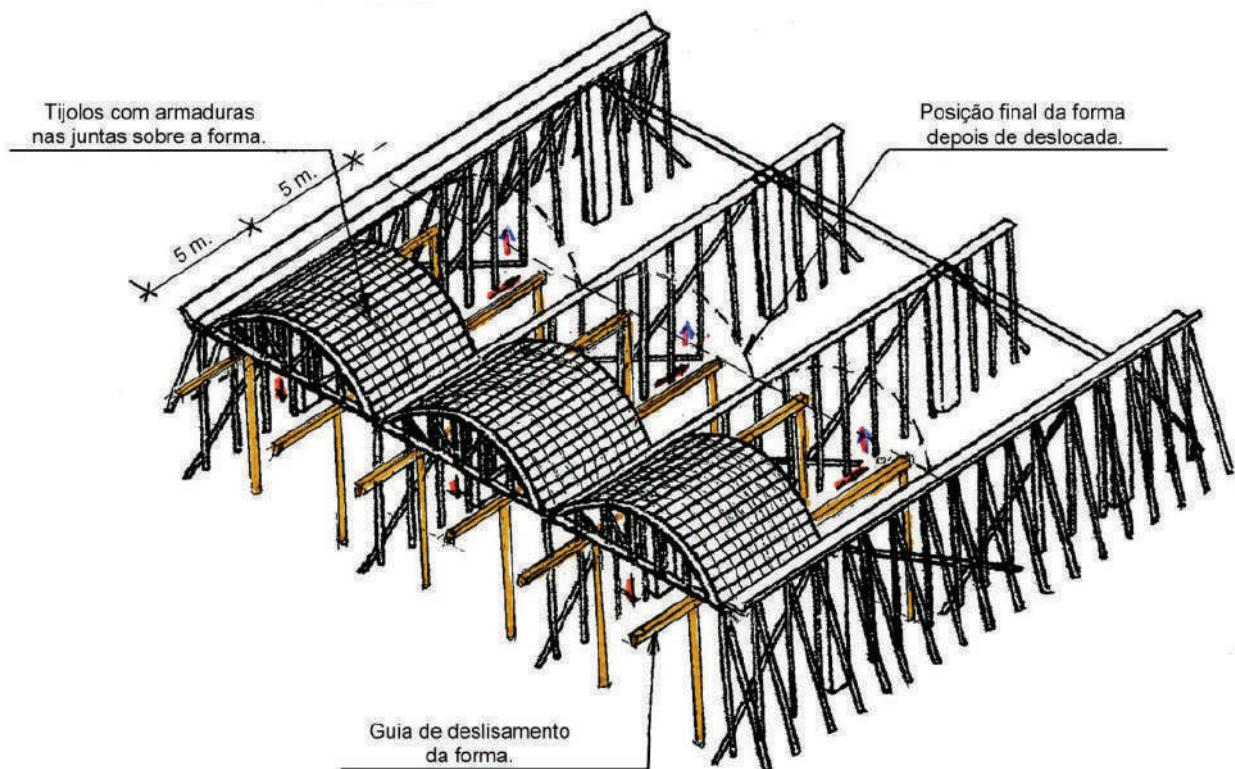


Fig. I-26. Esquema de desformado e deslocamento da forma. (*-5).

6º PASSO DA MONTAGEM – COLOCAÇÃO DE ARMADURAS SOBRE O TIJOLO

Depois de feita toda a superfície a cobrir com abóbodas na 5^a etapa, ou seja, com tijolo, armaduras nas juntas, juntas recheadas de argamassa de cimento, procede-se a colocar armaduras sobre o tijolo. Serão colocados dois tipos de armaduras, as armaduras que não serão pós-tendidas e o mesmo tipo de armadura que serão pós-tendidas. As armaduras a serem colocadas, todas do tipo tratadas CA 50 ou CA 60, terão duas finalidades diferentes:

- a)** Temos as armaduras de distribuição ou reforços de borda ou de lanternim de iluminação zenital. As armaduras de distribuição por cima do tijolo da abóboda, em geral, são telas eletro soldadas (Figs. I-27 e I-28), com armaduras finas e normalmente pesam menos de 1 kg./m².
- b)** Armaduras para pós-tensão nos balanços, quando são para absorver os esforços de tração nos momentos negativos dos balanços, colocam-se como na Fig. I-27, e se fará a pós-tensão por aperto (pinçado).



Fig. I-27. As armaduras para os balanços estão dispostas sobre a abóboda. Ainda não se fez o capeamento com argamassa de cimento. Observe nos extremos a ancoragem das armaduras. A pós-tensão se fará por aperto (pinçado). Na lateral esquerda da figura, observe a ancoragem da armadura do vale. (*-5).

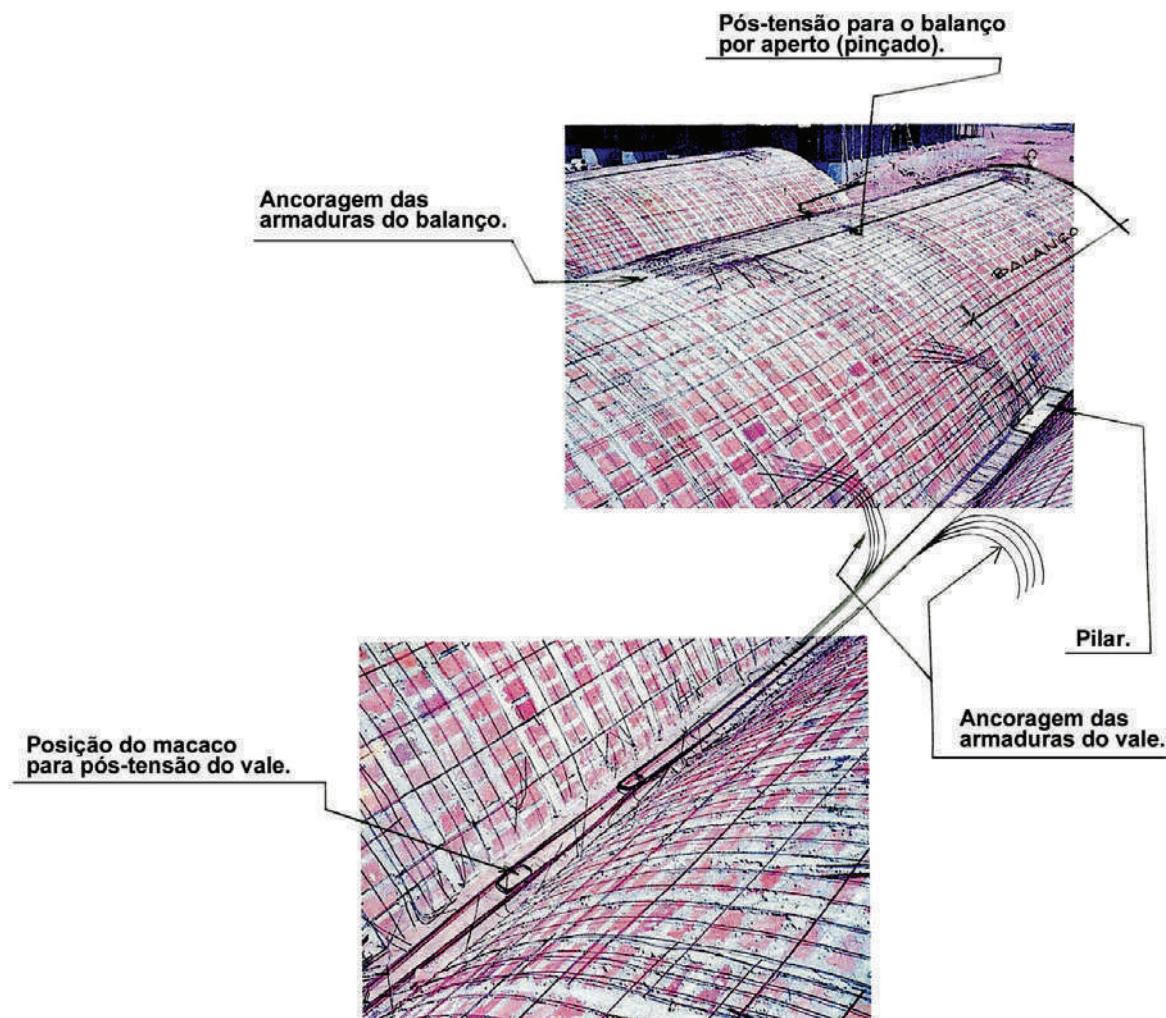


Fig. I-28. Armaduras de pós-tensão no meio do vão (*-5).

Quando as armaduras são colocadas nos vales para os momentos positivos dos vãos, o posicionamento das mesmas é segundo a Fig. I-28. Todas as armaduras principais dos vales serão pós-tendidas com macacos especialmente criados para este tipo de pós-tensão inventado pelo Eng. Dieste. Estas operações veremos no 8º Passo de montagem.

7º PASSO DA MONTAGEM - PRIMEIRO CAPEAMENTO

Depois de feito o da etapa anterior, procede-se a fazer o capeamento de cimento e areia com acabamento desempenado.

Este capeamento de aproximadamente 3 cm. de espessura não se faz em toda a superfície desenvolvida da abóboda. Fica sem capeamento a área onde estão as armaduras que serão esticadas. Destas armaduras, somente serão recobertas as partes onde estão as ancoragens no capeamento geral. Isto é, não se colocará argamassa de cimento e areia nos vales, entre as ancoragens de uma ponta e as ancoragens da outra ponta das armaduras dos vales, como mostra a figura (Fig. I-28), e também nas armaduras do balanço, onde vai ser feito o aperto (pinçado).

Portanto, os extremos destas armaduras têm capeamento, pois nesse lugar estão as ancoragens. Quando existe um acúmulo de diversas armaduras, como é o caso das ancoragens, o recobrimento poderá ser bem maior ao inicialmente indicado.

8º PASSO DA MONTAGEM – PÓS-TENSÃO E COMPLETAR CAPEAMENTO

Pós-tensão dos vales

Depois de 8 a 10 dias mínimos de feito o capeamento da etapa anterior, poder-se-á proceder à pós-tensão dos vales, a qual se faz com o macaco das Figs. I-29 e I-30. Em cada laçada das armaduras do vale, coloca-se o macaco e ocorre a pós-tensão. Após aumentada a laçada pela tensão aplicada, segundo o cálculo no projeto estrutural, procede-se a colocar um separador que fica entre as cabeças, conjunto se deixa incluído no concreto. Retira-se o macaco imediatamente depois de feita a pós-tensão de todo o vale, e se coloca concreto que cobre todos estes elementos e armaduras.

Aproveita-se esta concretagem para dar os cimentos pluviais nos vales. As armaduras usadas nestas pós-tensões são do tipo comum CA 50 e CA 60, não são armaduras especiais, por isso explica-se que as armaduras possam ter essas dobras.

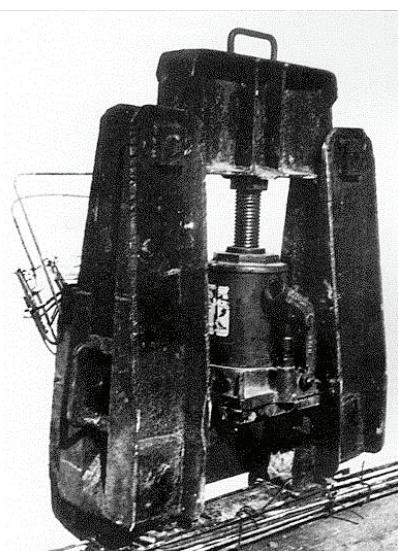
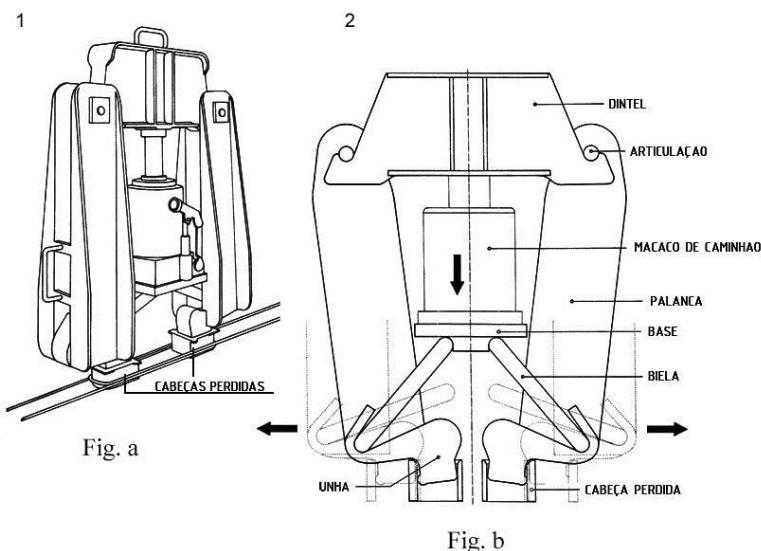


Fig. I-29. Macaco hidráulico para fazer a pós-tensão, neste caso colocado na laçada de aço do vale da abóboda. (*-3).



Figs. I-30. Esquema do macaco hidráulico indicando o movimento do mecanismo que separa as cabeças perante a pressão do macaco. Depois de separadas as cabeças, coloca-se um separador metálico. Cabeças e separadores ficam inclusos no concreto. (*-3).

Pós-tensão dos balanços

Nos balanços se dá um momento negativo com sua maior tensão de tração no lombo da abóboda, no plano da linha dos pilares. As armaduras são colocadas como indica a Fig. I-31, depois de 8 a 10 dias mínimos de feito o primeiro capeamento, pode-se proceder a “pinçar” (juntar as armaduras) e dar a tensão calculada no projeto estrutural.

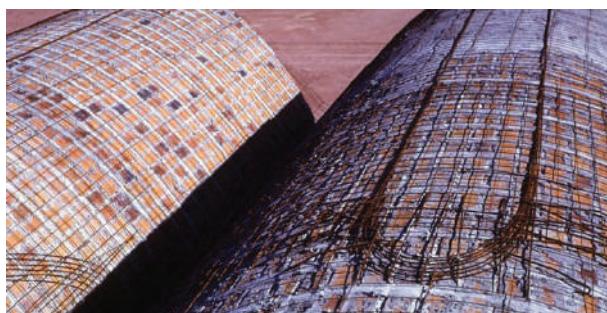


Fig. I-31. Armadura para o balanço da abóboda. Veja detalhe de ancoragem. (*-5).



Fig. I-32. Operários com a ferramenta “sargento” fazendo o pinçado das armaduras e dando a tensão adequada. (Obra: CEASA, Porto Alegre, BR., 1972). (*-5).

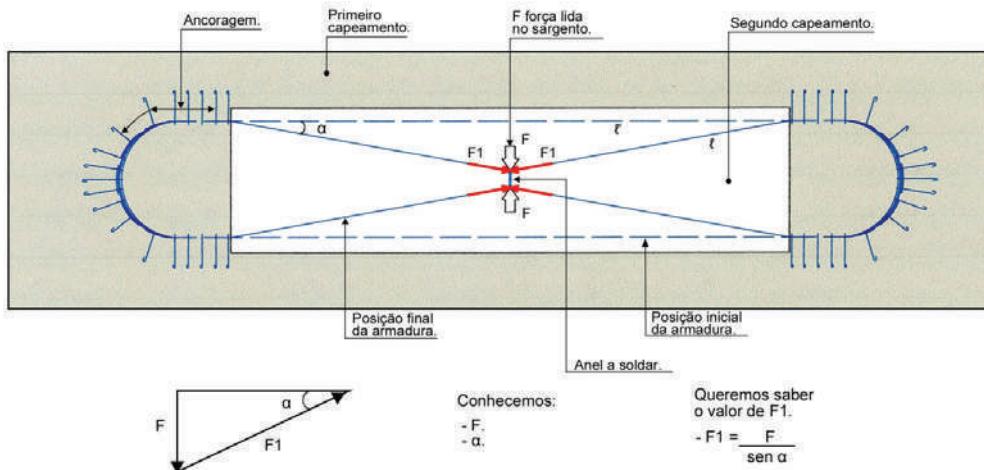


Fig. I-33. A junção das armaduras ou pinçamento alonga a armadura e dá a tensão requerida. (*-5).

Abóbadas de tijolo sem capeamento para colocação das armaduras da pós-tensão.

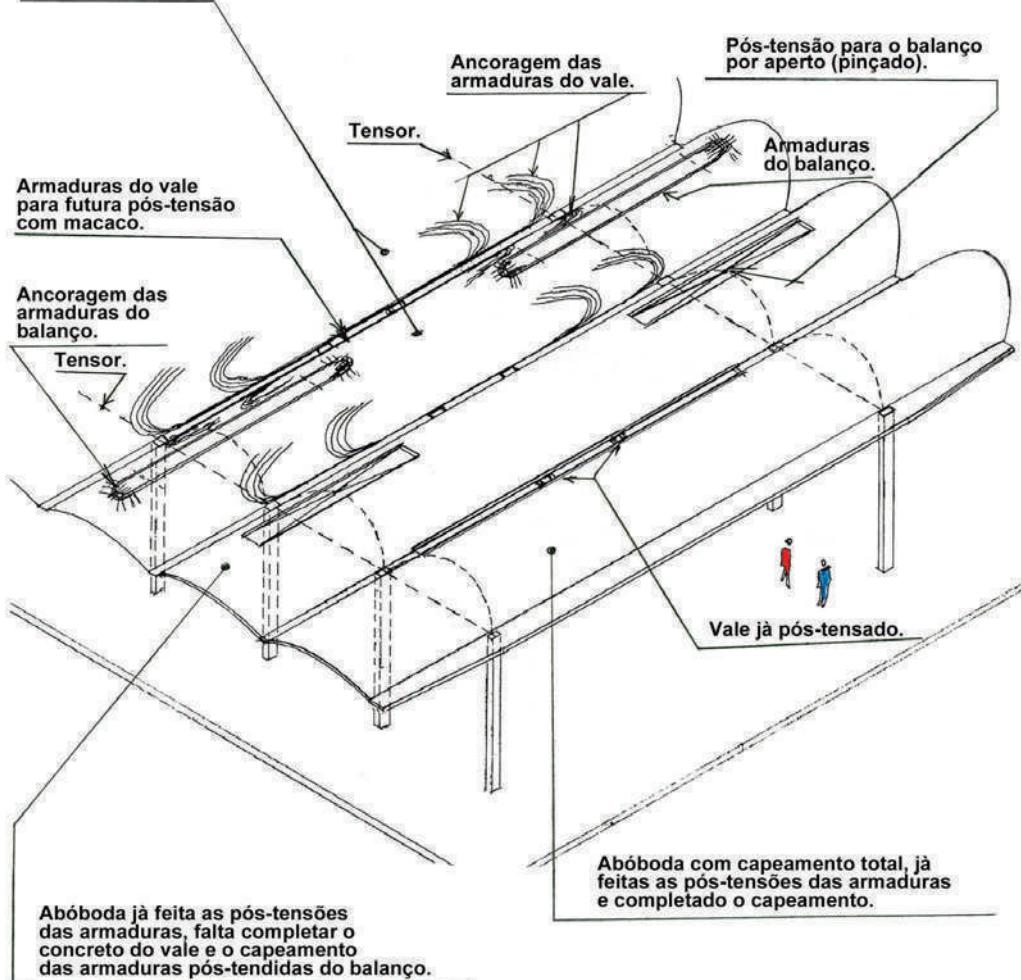


Fig. I-34. Este esquema, para efeito de explicação, mostra diferentes momentos da obra num desenho só. Mostra a abóboda concluída; a abóboda pronta para pós-tender as armaduras e abóboda só de tijolo e armaduras de distribuição, onde se fixam as armaduras que serão pós-tendidas. (*-5)



Fig. I-35. O pinçado se faz com um sargento hidráulico, como o da figura. O manômetro vai dando, instantaneamente, a força F que, de acordo com a geometria ou um strain-gage (extensômetro), permite encontrar o valor das forças $F_1 \times 2$. Tem-se pronto um anel em duas metades que se soldam no lugar e, com isso, fixa-se a posição das armaduras “ ℓ ”. (*-1).

PROBLEMAS DO MÉTODO DE PRÓ-TENSÃO

O método, anteriormente visto, foi criado pelo Eng. Dieste e se caracteriza por ser novedoso, e mostra a sua inteligência e sua mente engenhosa. Como as abóbodas cilíndricas retas autoportantes se comportam como uma grande viga espacial em asa de gaivota, sabemos que da linha neutra (LN) para baixo as fibras estão em tração, as moléculas se abrem, separam-se. Isto significa que no vale, onde corre a água da chuva, teremos alto risco de ter umidades. Comprimir o vale ajuda a ter uma estrutura toda em compressão e, em consequência, uma grande economia estrutural e evita dores de cabeça.

Mesmo assim, para os efeitos práticos, este método apresentava certas dificuldades ou inconvenientes:

- Dadas as curvas pronunciadas ou dobras, somente podem ser utilizadas armaduras comuns, CA-50 ou CA-60, e não armaduras de alta resistência CA-140/160, especiais para protendidos. Isso faz com que a tensão dada na armadura vá afrouxando com o passar do tempo.

- Quando as laçadas são com vários cabos, ao protender separando as laçadas, alguns cabos ficam com mais tensão do que outros. Se isso não passa do coeficiente de segurança, não se verifica como problema.

- Quando as duas laçadas são de um (1) cabo (Fig. I-30 a), existe o perigo de girar e pular para cima todo o conjunto. O mesmo se dá quando o separador não tem um apoio perfeito.

ÚLTIMO MÉTODO DE PÓS-TENSÃO USADO PELO ENG. DIESTE

Dadas às dificuldades apresentadas no método de pós-tensão visto, o Eng. Dieste decidiu voltar com modificações aos métodos já usados e conhecidos no concreto armado. Voltou-se a usar os cabos

(cordoalhas) especiais de pró-tensão, assim como as cunhas e os cilindros com furo tronco-cônico para a ancoragem. Também voltou a usar as bainhas de plástico ou de aço. Veja as figuras a seguir:



Fig. I-36. Os três elementos fundamentais para a ancoragem: a cordoalha, a cunha e o cilindro. (*-7).



Fig. I-37. A cordoalha dentro de uma bainha de aço. (*-7).



Fig. I-38. Veja a cordoalha, as cunhas fora do cilindro acoplado a uma chapa de aço para topo. A bainha é de plástico. (*-7).

3

SISTEMA CONSTRUTIVO PARA ABÓBODAS DE DUPLA CURVATURA DO ENG. DIESTE - COBERTURAS GAUSS

O sistema construtivo se caracteriza pelo uso de uma grande forma com dupla curvatura que cobre uma fatia da cobertura (Figs. I-39 e I-40), e que tem como corda o vão a salvar. Esta é a parte mais custosa do sistema e exige uma grande pre-

cisão geométrica. Para diminuir o custo por m^2 , é necessário que seu reaproveitamento se faça muitas vezes, como na CEASA em Porto Alegre, BR, no qual foi preciso 20 vezes, o projeto do arquiteto deve levar em conta isso.



Fig. I-39. Fazer a forma em dupla curvatura em grandes dimensões é uma operação artesanal, feita por operários capacitados. (*-5).



Fig. I-40. Vista por baixo da forma sobre os andaimes reguláveis. (*-5).



Fig. I-41. Andaiques mecanizados idealizados por Dieste para elevar e baixar as formas das abóbodas. (*-3).

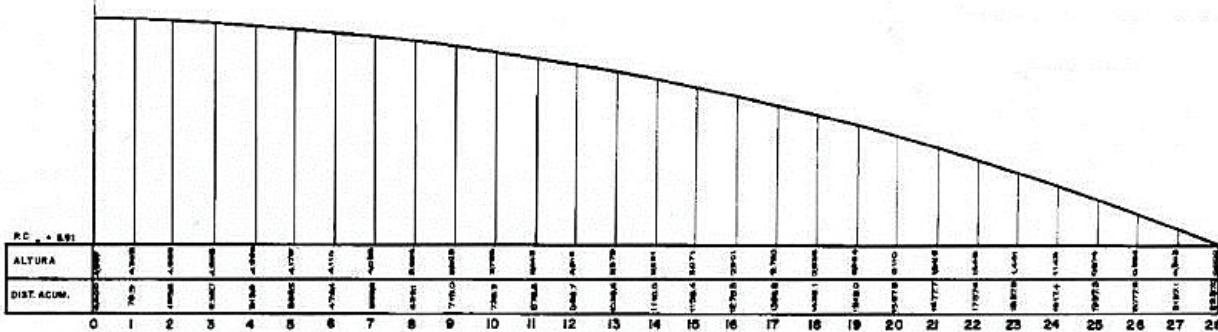


Fig. I-42. A forma está na posição correta. Foram depositados sobre a mesma os tijolos, que serão posicionados. (*-5).

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
A	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000		
B	-0,279	-0,254	-0,228	-0,193	-0,158	-0,123	-0,087	-0,052	-0,017	-0,082	-0,157	-0,232	-0,307	-0,382	-0,457	-0,532	-0,607	-0,682	-0,757	-0,832	-0,907	-0,982	-0,102	-0,177	-0,252	-0,327	-0,402	-0,477	-0,552	
C	-0,450	-0,426	-0,398	-0,369	-0,340	-0,311	-0,282	-0,253	-0,224	-0,195	-0,166	-0,137	-0,108	-0,079	-0,050	-0,021	-0,092	-0,163	-0,234	-0,305	-0,376	-0,447	-0,518	-0,589	-0,660	-0,731	-0,802	-0,873	-0,944	
D	-0,620	-0,592	-0,563	-0,534	-0,505	-0,476	-0,447	-0,418	-0,389	-0,360	-0,331	-0,302	-0,273	-0,244	-0,215	-0,186	-0,157	-0,128	-0,099	-0,070	-0,041	-0,112	-0,183	-0,254	-0,325	-0,396	-0,467	-0,538	-0,609	
E	-0,789	-0,759	-0,729	-0,699	-0,669	-0,639	-0,609	-0,579	-0,549	-0,519	-0,489	-0,459	-0,429	-0,399	-0,369	-0,339	-0,309	-0,279	-0,249	-0,219	-0,189	-0,159	-0,129	-0,099	-0,069	-0,039	-0,109	-0,179	-0,249	
F	-0,957	-0,927	-0,897	-0,867	-0,837	-0,807	-0,777	-0,747	-0,717	-0,687	-0,657	-0,627	-0,597	-0,567	-0,537	-0,507	-0,477	-0,447	-0,417	-0,387	-0,357	-0,327	-0,297	-0,267	-0,237	-0,207	-0,177	-0,247	-0,317	
G	-1,125	-1,095	-1,065	-1,035	-1,005	-0,975	-0,945	-0,915	-0,885	-0,855	-0,825	-0,795	-0,765	-0,735	-0,705	-0,675	-0,645	-0,615	-0,585	-0,555	-0,525	-0,495	-0,465	-0,435	-0,405	-0,375	-0,445	-0,515	-0,585	
H	-1,293	-1,263	-1,233	-1,203	-1,173	-1,143	-1,113	-1,083	-1,053	-1,023	-0,993	-0,963	-0,933	-0,903	-0,873	-0,843	-0,813	-0,783	-0,753	-0,723	-0,693	-0,663	-0,633	-0,603	-0,573	-0,643	-0,713	-0,783		
I	-1,460	-1,429	-1,399	-1,369	-1,339	-1,309	-1,279	-1,249	-1,219	-1,189	-1,159	-1,129	-1,099	-1,069	-1,039	-1,009	-0,979	-0,949	-0,919	-0,889	-0,859	-0,829	-0,799	-0,769	-0,739	-0,709	-0,679	-0,749	-0,819	-0,889
J	-1,628	-1,598	-1,568	-1,538	-1,508	-1,478	-1,448	-1,418	-1,388	-1,358	-1,328	-1,298	-1,268	-1,238	-1,208	-1,178	-1,148	-1,118	-1,088	-1,058	-1,028	-0,998	-0,968	-0,938	-0,908	-0,878	-0,948	-1,018	-1,088	
K	-1,796	-1,766	-1,736	-1,706	-1,676	-1,646	-1,616	-1,586	-1,556	-1,526	-1,496	-1,466	-1,436	-1,406	-1,376	-1,346	-1,316	-1,286	-1,256	-1,226	-1,196	-1,166	-1,136	-1,106	-1,076	-1,146	-1,216	-1,286	-1,356	
L	-1,964	-1,934	-1,904	-1,874	-1,844	-1,814	-1,784	-1,754	-1,724	-1,694	-1,664	-1,634	-1,604	-1,574	-1,544	-1,514	-1,484	-1,454	-1,424	-1,394	-1,364	-1,334	-1,304	-1,274	-1,244	-1,214	-1,184	-1,254	-1,324	-1,394
M	-2,132	-2,092	-2,062	-2,032	-2,002	-1,972	-1,942	-1,912	-1,882	-1,852	-1,822	-1,792	-1,762	-1,732	-1,702	-1,672	-1,642	-1,612	-1,582	-1,552	-1,522	-1,492	-1,462	-1,432	-1,402	-1,372	-1,442	-1,512	-1,582	
N	-2,299	-2,259	-2,229	-2,199	-2,169	-2,139	-2,109	-2,079	-2,049	-2,019	-1,989	-1,959	-1,929	-1,899	-1,869	-1,839	-1,809	-1,779	-1,749	-1,719	-1,689	-1,659	-1,629	-1,599	-1,569	-1,639	-1,709	-1,779	-1,849	
O	-2,466	-2,426	-2,386	-2,346	-2,306	-2,266	-2,226	-2,186	-2,146	-2,106	-2,066	-2,026	-1,986	-1,946	-1,906	-1,866	-1,826	-1,786	-1,746	-1,706	-1,666	-1,626	-1,586	-1,546	-1,506	-1,566	-1,626	-1,686	-1,746	
P	-2,634	-2,594	-2,554	-2,514	-2,474	-2,434	-2,394	-2,354	-2,314	-2,274	-2,234	-2,194	-2,154	-2,114	-2,074	-2,034	-1,994	-1,954	-1,914	-1,874	-1,834	-1,794	-1,754	-1,714	-1,674	-1,634	-1,694	-1,754	-1,814	-1,874
Q	-2,802	-2,762	-2,722	-2,682	-2,642	-2,602	-2,562	-2,522	-2,482	-2,442	-2,402	-2,362	-2,322	-2,282	-2,242	-2,202	-2,162	-2,122	-2,082	-2,042	-2,002	-1,962	-1,922	-1,882	-1,842	-1,802	-1,862	-1,922	-1,982	-2,042
R	-2,969	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	-2,774	

Geometria da abóboda.

Fig. I-43a. No quadro acima, estão os valores de todas as flechas de toda a abóboda referida ao ponto **E**. Esse ponto **E** está assinalado no corte da abóboda pela chave. Todas as fatias transversais da abóboda, desde o ponto **A** ao ponto **R**, são curvas catenárias. (*-1)



Curva do Ponto **E** (curva mais baixa),
a qual se referem todos os pontos de cada fatia.

Fig. I-43b

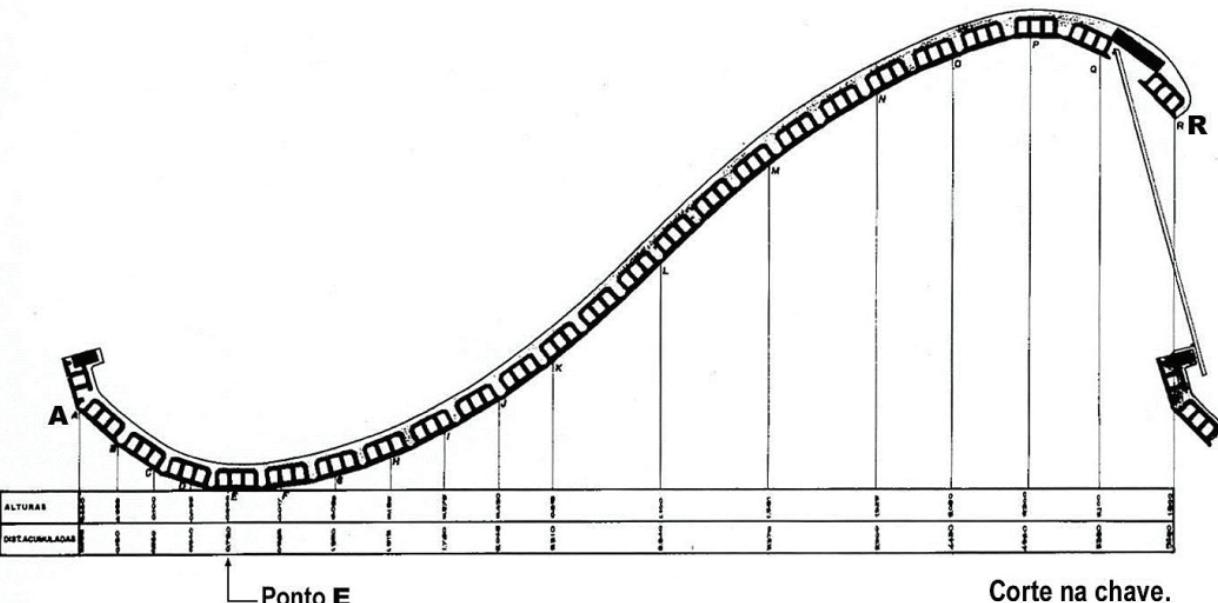


Fig. I-43c



Fig. I-44. Vista superior parcial do conjunto da CEASA em Porto Alegre, BR. em funcionamento. Em primeiro plano, o pavilhão dos produtores com cobertura Gauss, repetida 20 vezes. (*- 1).

3.1 - ETAPAS DE MONTAGEM DA ABÓBODA DE DUPLA

- 1º – Coloca-se a forma na posição correta.
- 2º – Põem-se os tijolos sobre a forma com junta seguida.
- 3º – Colocam-se armaduras nos dois sentidos, sempre bitolas pequenas (exp. Ø5 ou Ø6).
- 4º – Faz-se o rejuntamento com argamassa de cimento e areião.
- 5º – Sobre o tijolo, coloca-se uma malha de ferro fino (não malha eletro soldada).
- 6º – Sobre a cobertura de tijolo se faz um fino capamento de 2 a 3 cm. de argamassa.
- 7º – No outro dia, estica-se o tensor dianteiro, pois o traseiro já foi esticado, e se baixa a forma usando

os reguladores de altura dos andaimes. Esta é uma operação muito delicada e deve ser feita em todos os pontos no mesmo momento e com a mesma altura. Quem dirige esta operação atua como um verdadeiro regente de uma orquestra (Figs. I-41 e I-45).

8º – Logo após, puxa-se o conjunto dos andaimes com as formas para a nova posição e se volta a subir o conjunto até a posição correta para voltar a fazer o ciclo de operações já descrito. Antes de recomeçar se limpam por cima as formas e se empilham sobre a forma os tijolos, que serão posicionados nas formas (Fig. I-42).



Fig. I-45. Detalhe do mecanismo de descida e elevação dos andaimes interconectados eletricamente, esses pontos se movimentam iguais e conjuntamente. (*-3).



Fig. I-46. Mostra o método de pós-tensão dos tensores. Dois (2) anéis de aço são colocados no centro do vão e se vai deslizando para os extremos até que o Eng. da obra o considere suficientemente esticados. (*-5).



Fig. I-47. Nota-se que em cada cobertura, segundo a necessidade, o perfil da curva pode mudar. Depois de anos, temos de cuidar quanto à proteção da impermeabilização, pois a lámina de concreto é muito fina (3 cm.) e pode afetar as armaduras. (*-5).



Fig. I-48. Vista externa da cobertura, observa-se o traspasse das fatias da cobertura. Feita a cobertura, impermeabiliza-se com tinta branca imediatamente. (*-5).



Fig. I-49. A diferença de alturas das fatias permite a entrada da luz distribuída. À direita na foto, vê-se a ranhura para colocar o vidro fixo da esquadria. (*-5).



Fig. I-50. Vista por baixo da cobertura para um vão de 46 m. (CEASA, Porto Alegre/BR.). (*-5).

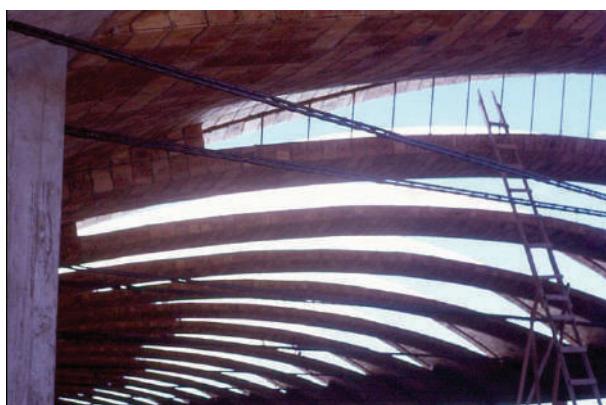


Fig. I-51. Procura-se que as aberturas de iluminação estejam orientadas para o sul, isto no paralelo 30º sul ou em paralelos mais ao sul. (*-5).

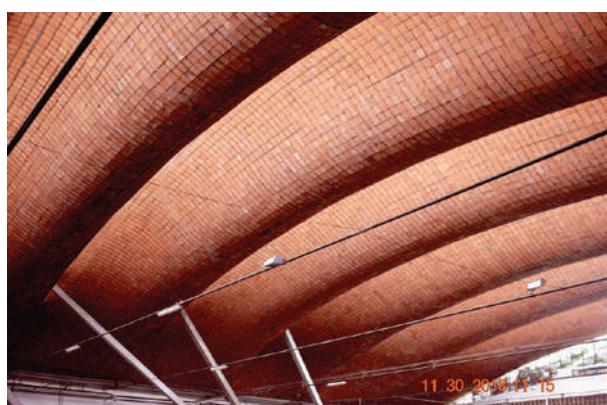


Fig. I-52. Depósito de cítricos Caputto, Av. Enrique Amorin, Salto – UY. (*-5).



Fig. I-53. Com a cobertura terminada (CEASA, Porto Alegre/BR. 1972). (*- 5).

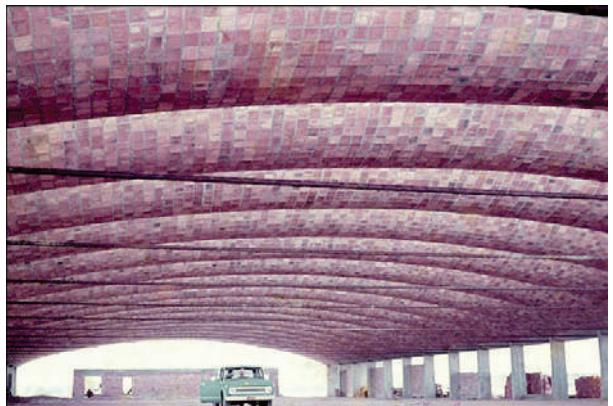


Fig. I-54. Vista interior, com um vão de 46 m. e uma flecha de 4 m. (CEASA, Porto Alegre/BR.). (*- 5).



Fig. I-55. Depósito de cítricos Caputto. Quando se tem a necessidade de sacar canos, exaustores ou chaminés sempre se fazem pelas aberturas, ou seja, as partes separadas da cobertura. (*-5).

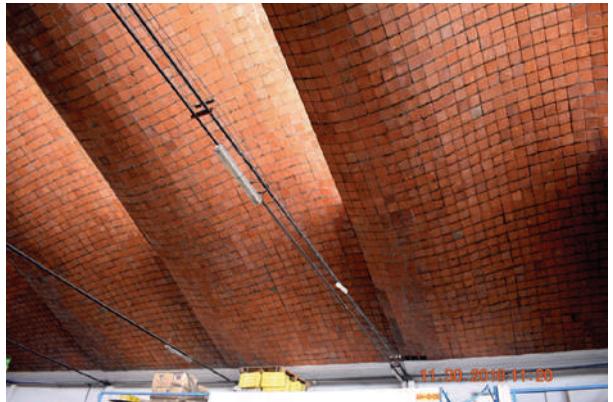


Fig. I-56. Nestas coberturas de dupla curvatura e perfil Gauss, criadas por Dieste, tem-se o seu apoio lateral e uma reta, normalmente uma viga de concreto. Para cada fatia, ou seja, para cada arco espacial da cobertura, tais apoios laterais são considerados articulações. (*-5).



Fig. I-57. No depósito do porto de Montevidéu – UY, a cobertura é feita de tijolo armado e, nos extremos, foram aproveitadas as paredes do antigo depósito. (*-1).

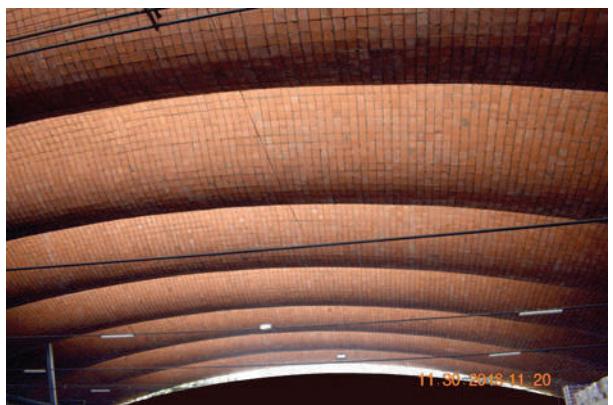


Fig. I-58. Vista interior das abóbodas de dupla curvatura. Foram aproveitadas paredes antigas. (*-5).



Fig. I-59. Ginásio esportivo no interior do Uruguai, na cidade de Durazno (1974): vão 45 m., flecha 5.7 m. (*-4.2).



Fig. I-60. Ginásio do Colégio Don Bosco Montevidéu (1983): vão 24.40 m., flecha 4.70 m.. Sem tensores aparentes. (*-4.1).



Fig. I-61. Ginásio do Colégio Don Bosco Montevidéu (1983). Sem tensores aparentes. (*- 5).



Fig. I-62. Ginásio S. F. Sales, Montevidéu, 1983. Vão 24.40 m., flecha da curva 4.70 m. sem tensores por baixo, mas com tensores por cima. (*- 4.1).



Fig. I-63. O mesmo ginásio no Colégio Don Bosco. Detalhes dos tensores por cima da cobertura. (*- 4.7).

Nestas abóbadas de dupla curvatura, os tensores não aparecem. Portanto, é necessário colocá-los pelo lado de cima da cobertura. Sabe-se que os tensores absorvem os esforços horizontais, também poderíamos colocar contrafortes. Como os vãos são grandes, acima de 20 m., os empuxos concentrados também são de grande magnitude, se houver uma falha do subsolo ou uma pequena deformação do mesmo, isto levaria ao colapso de toda a estrutura. Por isso, o Eng. Dieste sempre usou tensores.



Fig. I-64. Detalhe da colocação dos tensores por cima da abóboda. (*-4.7).



Fig. I-65. Vista interior do ginásio, visualmente limpa, sem tensores. Permite baixar a altura dos pilares. Vão 24.40 m., flecha 4.70 m. (*- 4.3).

3.2 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS ABÓBODAS DE DUPLA CURVATURA

Segundo as próprias palavras de Dieste (Jiménez Torrecillas, 1996, p. 41), as principais características do sistema de abóbadas de dupla curvatura são:

- 1 – O conjunto tijolo-argamassa-aço se comporta como uma unidade estruturalmente viável. Esse foi o fato básico a partir do qual se podia começar a pensar e intuir.
- 2 – Escolhemos como diretriz a catenária, logo o peso produz compressão simples; e esta compressão possibilita que a estrutura resista a esforços de flexão. Essa capacidade aumenta muito se considerarmos um “mínimo construtivo” de armadura.
- 3 – As tensões de compressão causadas pelo peso próprio são independentes da seção, já que o esforço direto é proporcional ao peso por unidade de desenvolvimento, ou seja, a seção. Essas tensões são baixas: em uma abóboda de 100 m. de vão e 10 m. de flecha, o esforço de compressão é de 27 Kg./ cm², supondo um peso específico médio de 2 toneladas/m³.
- 4 – A armadura mínima assegura que a importante longitude da casca (ampleamente suficiente para assegurar tensões admissíveis com hipóteses simples de cálculo) reage como uma unidade elástica ante cargas concentradas.

5 – Tendo presente que o único material a endurecer é o das juntas, e que o endurecimento da mistura faz que a argamassa tenha rapidamente uma resistência que, mesmo sendo pequena, pode ser suficiente, intui-se rapidamente que, para desmoldar a abóboda, não é necessário esperar pelo endurecimento final da argamassa. Isso foi confirmado pelos ensaios, não só para pequenas abóbodas como também para grandes estruturas.

Dieste (Jiménez Torrecillas, 1996, p.47) prossegue dizendo que imediatamente depois do molde cheio, dispomos de uma lâmina de dupla curvatura com as seguintes características:

- 1 – Mediante a ondulação que já descrevemos, temos lhe dado rigidez à vontade.
- 2 – As partes não endurecidas, que são as juntas, representam uma porcentagem muito pequena da superfície total, da ordem de 2%.
- 3 – Nas juntas, entre as peças, há uma trama de aço que constitui verdadeira rede, cujos elementos longitudinais estão, por meio da argamassa, em contato com as caras das aduelas que trabalham em compressão.

Segundo Claudio E. Román (Dissertação de Mestrado, 2012, P. 50).

Resumindo, podemos dizer que as ideias básicas dessa solução são as seguintes:

1 - Dar forma de catenária a todas as seções transversais da abóboda, de maneira que para o peso próprio todas as seções resultem somente comprimidas.

2 - Utilização da ondulação, com pequeno aumento do peso por m^2 , para incrementar seu momento de inércia e, consequentemente, sua rigidez à flexão e sua capacidade para resistir a ações que, como o vento, dão curvas de pressões distintas das do peso próprio.

3 - Utilização de peças pré-fabricadas de pequenas dimensões que se adaptem bem à forma do molde e sejam facilmente manejáveis. Essas peças podem ser de concreto, normal ou poroso, de cerâmica, ou de qualquer outro material. O cerâmico nos parece o ideal, pelo menos no momento.

4 - Dispor não só armadura transversal (segundo os arcos), cuja função é óbvia, mas também longitudinalmente, de trava, essencial ao funcionamento do sistema: as diferenças de assentamento, devido à diferente flecha, provocariam fissuras transversais que tornariam inoperante a ondulação que nos dá a rigidez necessária

para o cálculo, se não tivesse aço que absorvesse as correspondentes trações. Essa ondulação é particularmente necessária no momento do desmolde, quando o módulo de Young médio da casca é mais baixo. Ao desmoldar, a argamassa está só parcialmente endurecida, as juntas longitudinais estão comprimidas pela força direta transversal da lâmina, especialmente grande nesses casos pela importância dos vão transversais em que se usam e que justificam essas abóbodas, e pelo fato de que se fazem muito rebaixadas. Essa força direta complementa, por fricção, a insuficiente aderência devida ao endurecimento incompleto, ou seja, contribui a unir os sucessivos pares de peças adjacentes à junta longitudinal armada.

5 - O molde móvel, cuja dimensão longitudinal é uma pequena fração da largura total do local a ser fechado e cujo custo é alto, amortiza-se em grande número de usos e aumenta, assim, muito pouco o custo final da cobertura.

6 - Como resultado das ideias anteriores, existe a possibilidade de desmoldar estruturas de grandes dimensões em prazos curtíssimos.

7 - Como resultado, por sua vez, dos seis itens anteriores, temos a possibilidade de ter um ritmo contínuo de trabalho com um molde de pequenas dimensões.

3.3 - COBERTURA AUTOPORTANTE COM DUPLO BALANÇO



OBRA

Agroindústria Massaro (1978).

AUTOR DO PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Eng. E. Dieste.

LOCALIZAÇÃO

Juanicó/Canelones - UY

Fig. I-66. Ao reduzir pela metade o número de pilares, de 2 ficar com 1, permite que os equipamentos agrícolas fiquem com mais facilidade de movimentação. (*-4.6).

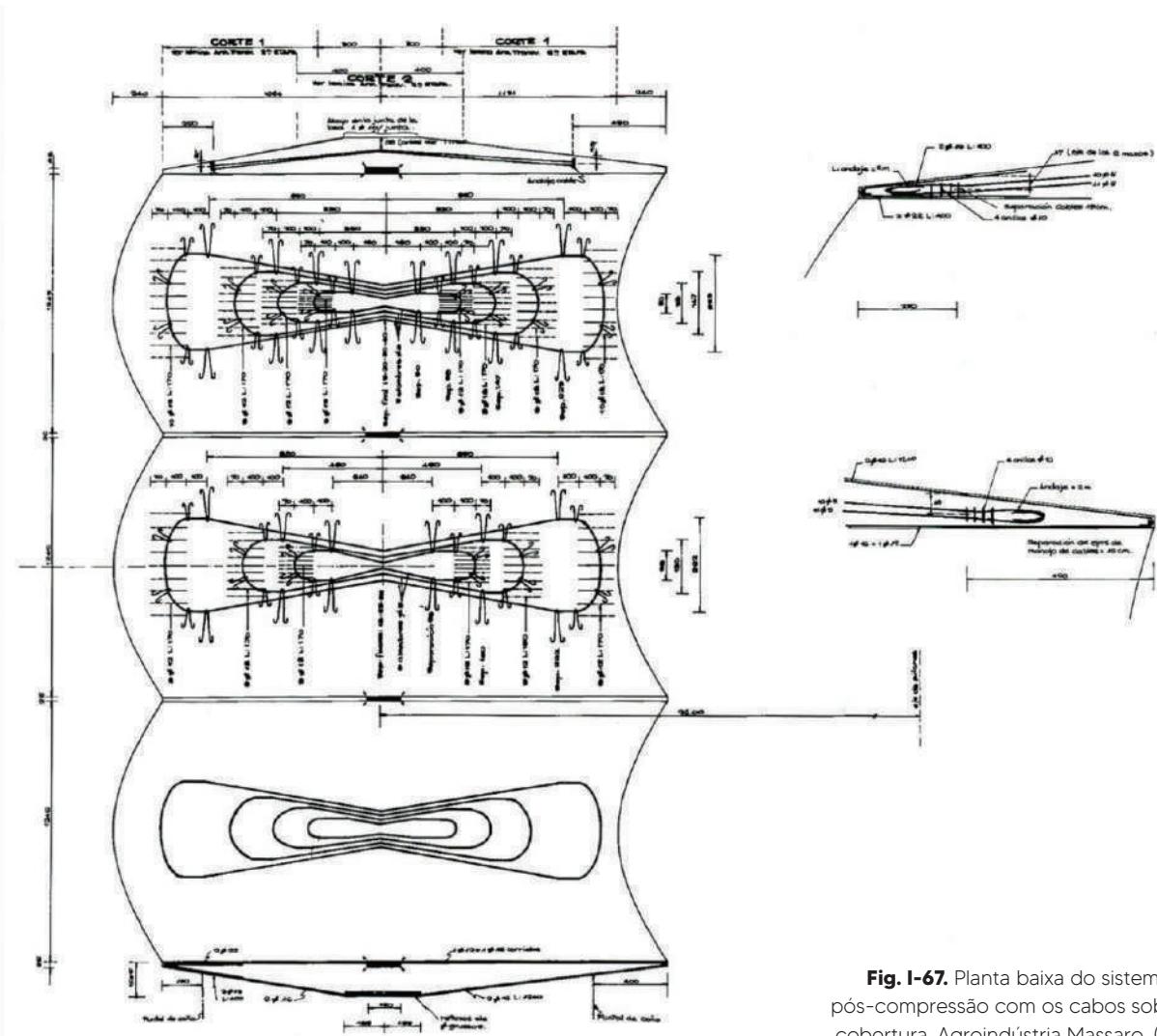


Fig. I-67. Planta baixa do sistema de pós-compressão com os cabos sobre a cobertura. Agroindústria Massaro. (*-1).



Fig. I-68. Agroindústria Massaro. Vistas interiores com abóbadas em duplo balanço de 15 m., com coluna extrema especial para sustentar a força H horizontal. (*-1).

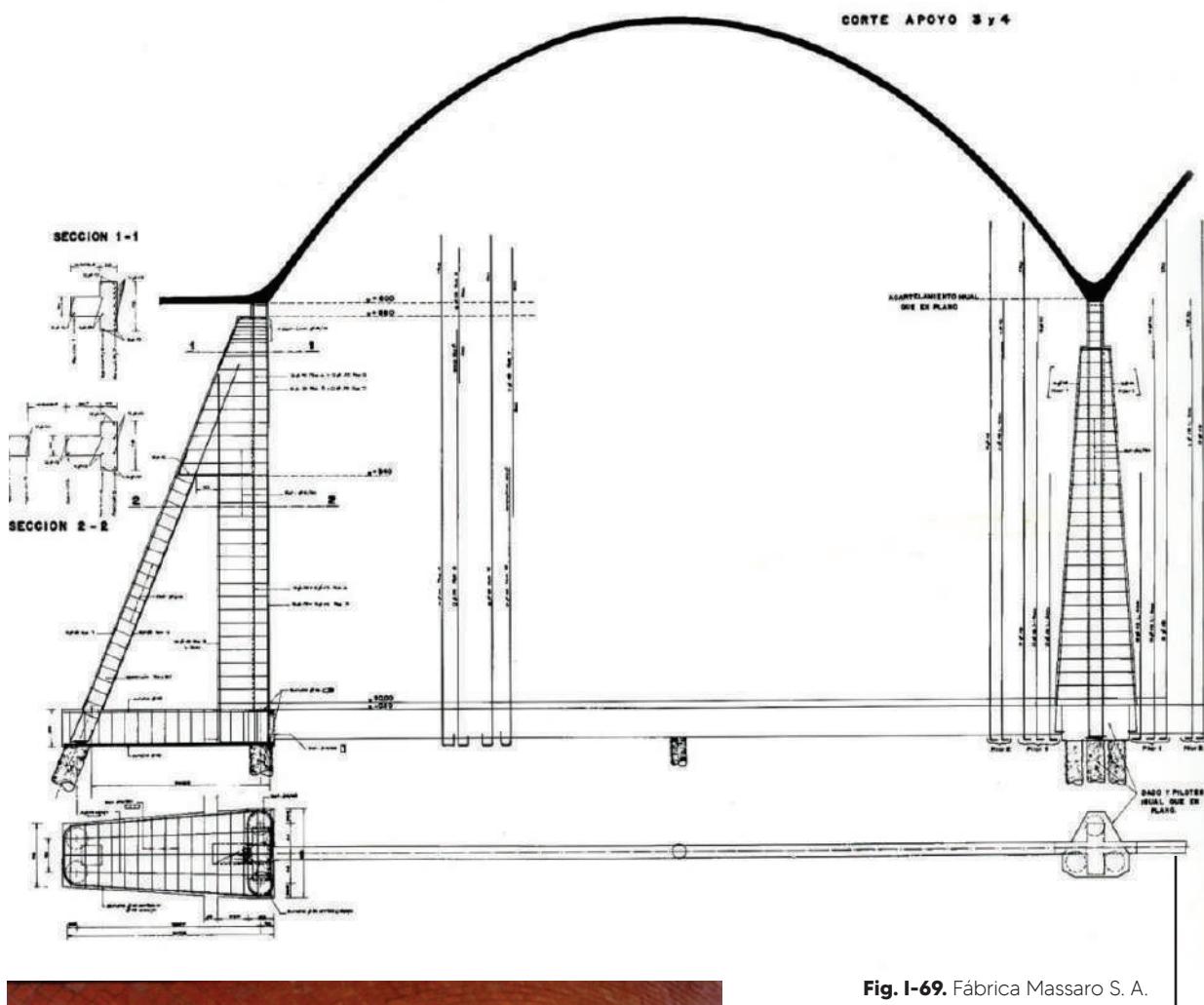


Fig. I-69. Fábrica Massaro S. A.
Corte transversal das abóbadas
com contraforte no pilar extremo
(sem tensor). A corda da diretriz
tem 12,70 m. à flecha 4,23 m., o
balanço da abóboda principal
16,40 m.. Das abóbadas mais
baixas o duplo balanço
é de 15 m. (*-1).



Fig. I-70. Vista em construção
da coluna extrema (*-1).

OBRA

Fábrica de Frios Venturini (1980)

**AUTOR DO PROJETO
ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL**

Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO

Cidade de Salto - UY



Fig. I-71. Refrescos del Norte (Salto) em 1980, hoje fábrica de frios Venturini. Posto de inspeção de veículos com carga.

Cobertura em duplo balanço, pilares que sustentam o empuxo horizontal, consequentemente sem tensor. (*-5).



Fig. I-72. Pilares reforçados e vigas baldrames para suportar os esforços horizontais e evitar os tensores na passagem dos caminhões. (*-5).



Fig. I-73. São impressionantes os balanços. Isto implica um grande engastamento da cobertura no extremo do pilar. (*-5).



Fig. I-74. A solução estrutural poderia ser, em vez de 1 pilar, 2 pilares, mas arquitetonicamente o conjunto requeria a solução tomada. Construtivamente, a após-tensão em duplo balanço é muito mais fácil e segura de fazer. (*-5).

OBRA
Estação Rodoviária da Agencia Central (1980)

AUTOR DO PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL
Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO
Cidade de Salto - UY

Fig. I-75. Esta rodoviária pertence a uma companhia privada. Por não ter pilares na faixa dos ônibus (balanço de aprox. 12.50 m.), permite qualquer manobra dos mesmos. O balanço é duplo e a pós-tensão fica facilitada. (*-5).



Fig. I-76. Pilar do extremo, devido a ser dupla altura a laje e sua viga na metade da altura, comportam-se como tensores. O pilar está reforçado. (*-5).



Fig. I-77. O balanço de 12.50 m. libera as manobras dos ônibus. (*-5).



Fig. I-78. Uma solução arrojada para responder as necessidades funcionais (*-5).



Fig. I-79. A aba lateral tem a função de viga laminar horizontal e está em balanço. Está apoiada no vale da abóboda e não permite que o arco do extremo da abóboda se abra. (*-5).

OBRA

Antiga Estação Rodoviária (1974)

**AUTOR DO PROJETO
ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL**

Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO

Cidade de Salto - UY



Fig. I-81. Antiga Estação Rodoviária de Salto – UY. (1974). A laje de borda com viga pré-tensada apoia no braço do pilar. (*-5).

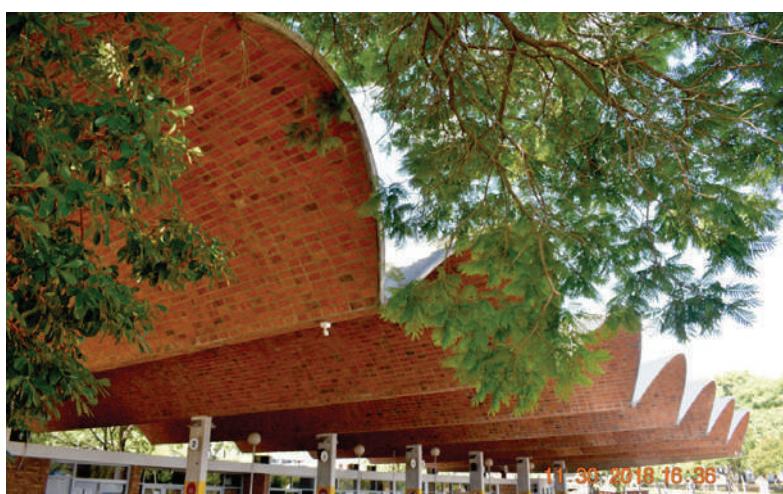


Fig. I-82. Nesta rodoviária, o balanço (duplo) é de 12,50 m. e a altura mínima é o suficiente para superar o gabarito da estrada. (*-5).

Esta obra faz parte de um conjunto de obras com abóbodas autoportantes em duplo balanço. Falamos de duplo balanço de mais de 10 m. para cada lado, com uma única fileira de colunas centrais. São coberturas impressionantes e ousadas. Na rodoviária de Salto, embora se possa discordar com a solução funcional do projeto arquitetônico, a impressão do conjunto com seus 12,50 m. de duplo balanço é como um voo fantástico de um telhado leve. Hoje a rodoviária está desativada, e foi construída outra com sistema tradicional.

ANTIGA RODOVIÁRIA DE ÔNIBUS DE SALTO – URUGUAI (1974).

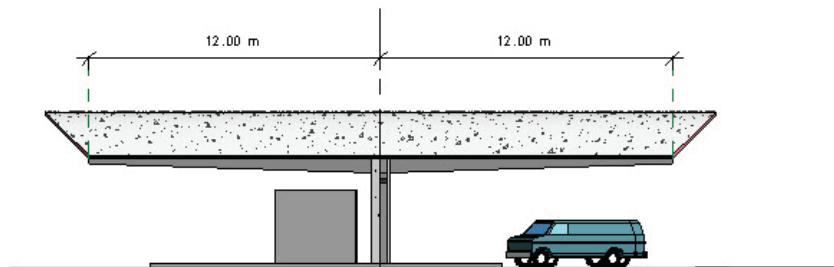
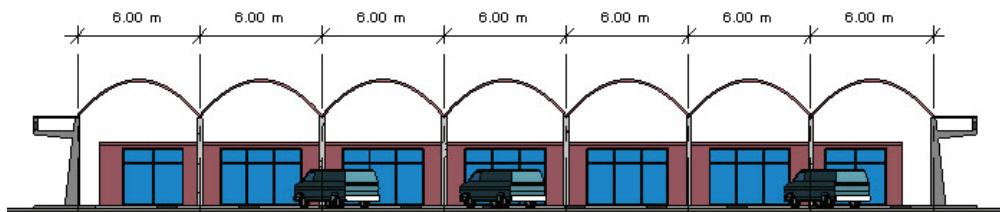
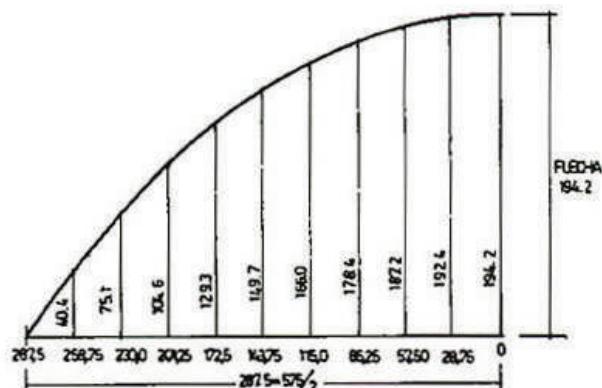
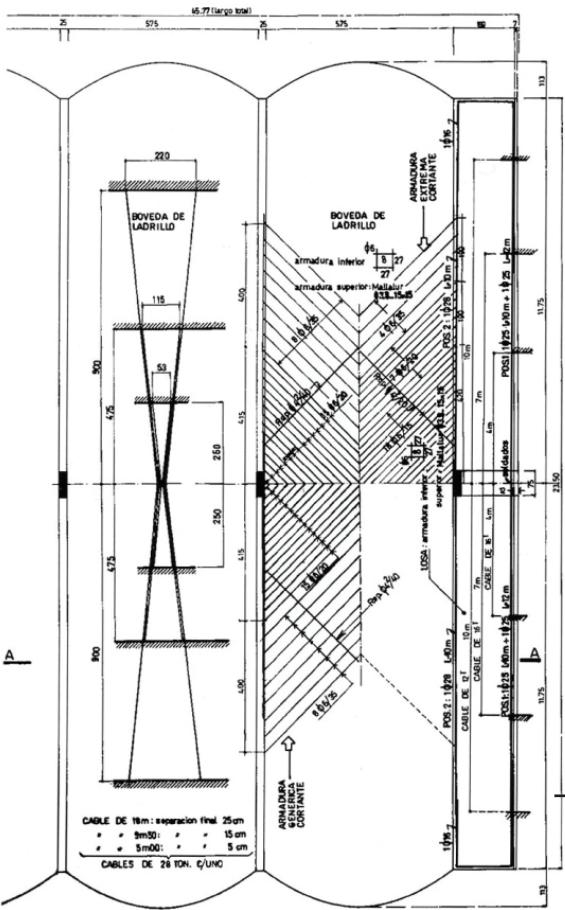
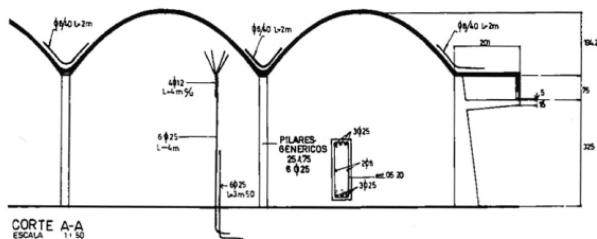


Fig. I-83. Abóbodas autoportantes em duplo balanço. Fachada e corte. No extremo o balanço é de 13.50 m. Sem tensor e pilar que suporta o esforço horizontal. (*- 1).



● CURVA DE INTRADOS DE BOVEDAS
ESCALA 1:20

Fig. I-84. Dimensão da catenária para fabricar as formas deslizantes. (*- 1).

Fig. I-85. Planta baixa da cobertura em abóboda autoportante com duplo balanço de 13.50 m., com armaduras comuns e de póstensão. (*- 1).

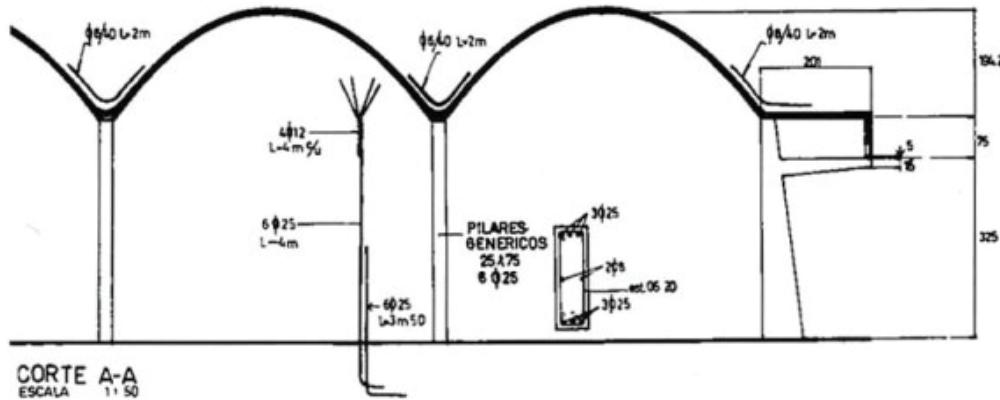


Fig. I-86. Observe que o pilar extremo está colocado perpendicular aos outros pilares, e será reforçado para resistir aos esforços horizontais da abóboda. Os outros pilares, ao invés disso, são esbeltos nesse sentido e altamente resistentes, com grande momento de inércia (I) no sentido do balanço. (*-1)



Figs. I-87 e I-88. Observe nas imagens que a laje-viga horizontal está apoiada na abóboda de um lado e na viga lateral do outro lado. Esta viga é protendida, com duplo balanço e seu apoio é uma mísula que sai do pilar. (*-5).

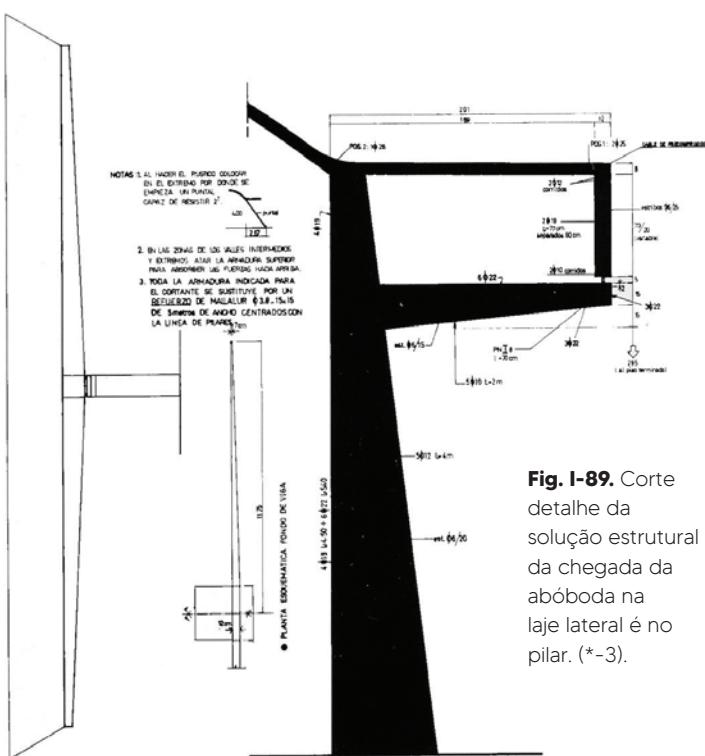


Fig. I-89. Corte detalhe da solução estrutural da chegada da abóboda na laje lateral é no pilar. (*-3).

Nestas coberturas com duplo balanço, um elemento estrutural fundamental é o pilar central. Nele temos que considerar especialmente:

1 – A base e seu engastamento no terreno, principalmente o último pilar, em especial, quando as abóbodas não têm tensor. Existe nessa base um grande momento de tombamento.

2 – O engastamento da cobertura laminar ao topo do pilar, isto deverá ser dimensionado para suportar os esforços provocados pelo momento e as cargas assimétricas.

OBRA

Clube de Regatas (1980)

**AUTOR DO PROJETO
ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL**

Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO

Cidade de Salto - UY

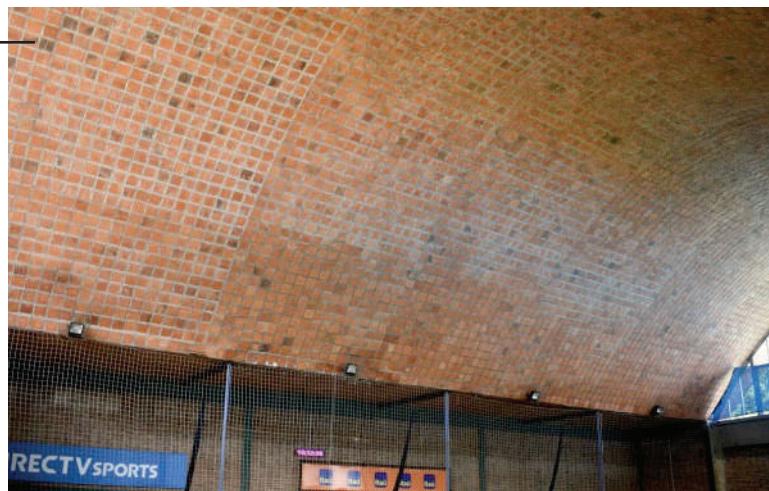


Fig. I-90. Vista interna do ginásio poliesportivo do clube de regatas.

Uma grande abóboda cobre a quadra esportiva. (*-5).

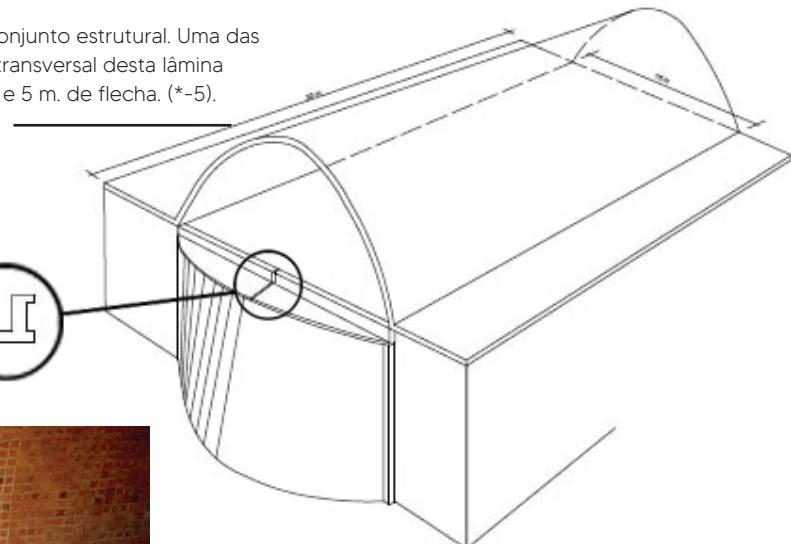


Fig. I-92. A viga tensora está apoiada nos extremos dos pilares de concreto, com uma laje na base para receber o oitão de tijolo armado. (*-5).



Fig. I-93.
O oitão é uma parede dupla, regrada, com armaduras principais que saem do alicerce e chegam na laje lateral da viga superior. Este formato de oitão permite aumentar o espaço detrás das cestas de basquete. (*-5).



Fig. I-94. Vista geral desde os jardins do pavilhão esportivo. (*-5).

A cobertura e a única abóboda de 16 m. de corda e vão longitudinal de 30 m, nos extremos, têm uma viga de concreto armado que faz de tensor; nas laterais da abóboda têm uma laje plana horizontal em míscula que absorve os esforços horizontais. As paredes dos oitões são regradas e armadas, com tijolo duplo.

3.4 – COBERTURAS ONDULADAS

Quando a corda da abóboda supera dimensões similares às vistas no clube de regatas de Salto, por exemplo, chega a dimensões de 35 m., faz-se necessário dar à lámina maior rigidez, com a qual se consegue fazendo ondas na lámina, é o caso do ginásio na cidade de Artigas – UY (Fig. I-95) e da fábrica

Urufor na cidade de Rivera – UY (Fig. I-96). Fazendo um corte transversal, as ondas fazem o desenho de uma senoidal, cuja flecha é máxima na chave do arco e é zero no começo do arco. O sistema construtivo é o mesmo que as abóbadas com dupla curvatura e curvas Gauss.



Figs. I-95 e I-96. Pertencem a um ginásio na cidade de Artigas – UY, e aos depósitos de uma fábrica na cidade de Rivera – UY.. As ondas na abóboda são necessárias para dar mais rigidez à mesma. A abóboda se comporta como arcos bi-rotulados. (*-5).

3.5 – PAREDES AUTOPORTANTES DE TIJOLO ARMADO

Existem diversas obras onde o Eng. Dieste usou paredes – vigas em tijolo armado. Neste caso, é necessário saber antes a resistência do tijolo e do conjunto tijolo-argamassa de cimento à compressão. As obras mais conhecidas são a Igreja em

Majorada del Campo, Madri – Espanha e a Igreja de São Pedro em Durazno – Uruguai. Exemplos que podemos ver no livro de Antonio Jimenez Torrecillas, – “**Eladio Dieste – 1943-1996**” (1ª Edição). Sevilla – Montevidéu, pág. 172 e pág. 198.



Fig. I-97. A parede que une os pilares é dupla e armada, as armaduras de tração estão na fiada mais de baixo. (*-5).



Fig. I-98. Obra Venturini em Salto - Uruguai. Os pilares são dimensionados para receber os esforços horizontais da abóboda, levados pela laje horizontal. Entre os pilares a parede - viga armada. (*-5).



Fig. I-99. Os pavilhões da fábrica têm abóbadas de grande corda sem tensor. As forças horizontais são transmitidas pela laje horizontal em míscula e sustentadas pelos pilares reforçados. (*-5).



Fig. I-100. O pilar central da escada e a parede de tijolo armado que serve de guarda corpo sustentam a laje da escada. (*-5).



Fig. I-101. A parede helicoidal de tijolo armado sustenta a escada. (*-5).

3.6 – CAIXAS D’ÁGUA E TORRES

FÁBRICA DE FRIOS: VENTURINI – FENIX

O Eng. Dieste deu soluções com tijolo para as torres, tanto às supostas caixas d’água como para pôr equipamentos de comunicação.

Normalmente, a torre é vazada e se faz com paredes duplas com tijolo de espelho, separadas 4 cm.

onde se coloca as armaduras que o projeto estrutural indique. Algumas torres podem chegar a mais de 60 m. de altura, quando a finalidade é telecomunicações (Figs. I-114 e I-115).



Fig. I-102. Torre e caixa d’água para uma fábrica (Salto – Uruguai). (*-5).

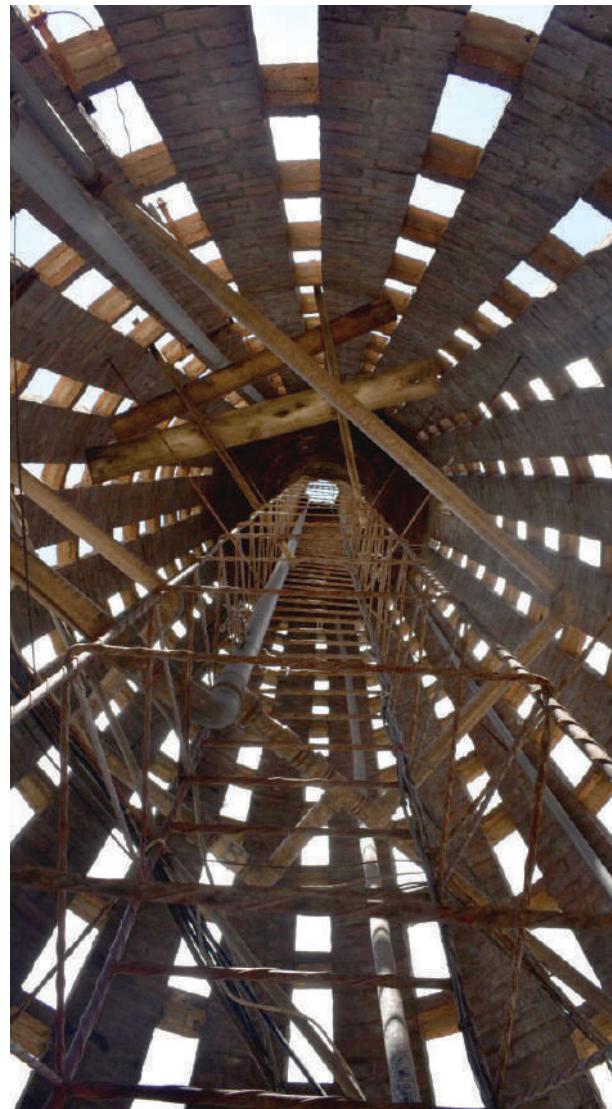


Fig. I-103. Por dentro, observamos a escada tipo marinheiro de ferro, que sobe e atravessa o reservatório para a limpeza. Ver Fig. I-105 (*-5).

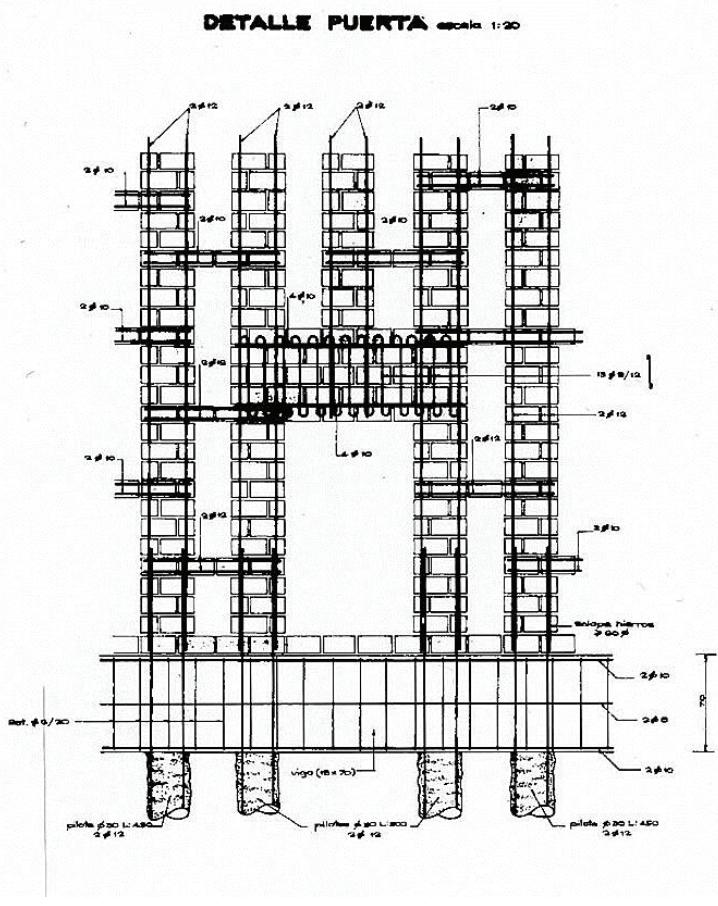


Fig. I-104. Detalhe na parte da base. Observe as pilas das da parede da torre, dimensionadas pelo tamanho do tijolo de espelho, com armadura em toda sua altura e armaduras horizontais nos seus travamentos. (*-3).

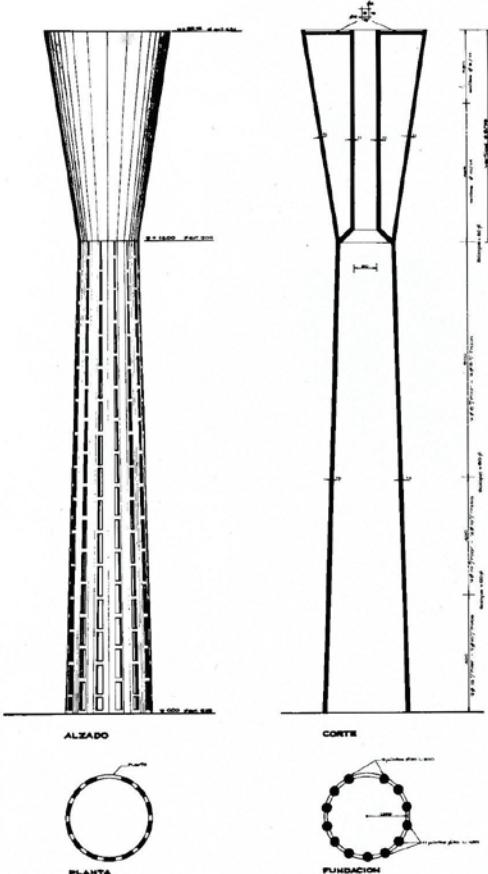


Fig. I-105. Vista lateral e corte onde se observa a passagem por dentro da caixa d'água para a limpeza. (*- 3).

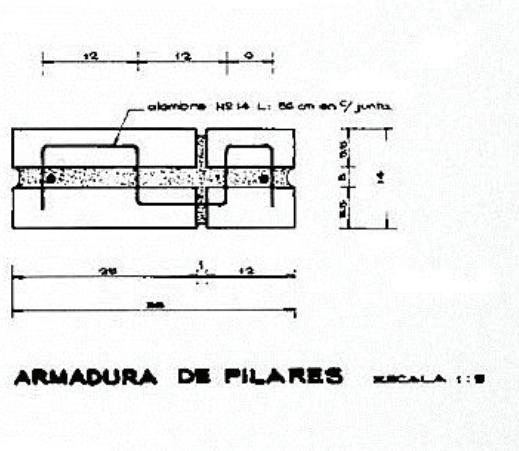


Fig. I-106. Detalhe de uma junta horizontal da pilastra com estribos em S e a passagem das armaduras verticais na separação de 4 cm. entre os tijolos de espelho. (*- 3).

Embora com cuidado, mas com bastante facilidade, faz-se a construção da torre. Sobre o bloco maciço de concreto da base que une os pilotis de fundação, deixam-se armaduras de esperas salientes para continuar com as armaduras verticais das pilastras. As pilastras se levantam normalmente com suas travas, a única plataforma de trabalho vai subindo, quando necessário, apoiada nas travas da parede vazada. Veja Fig. I-104.



Fig. I-107. Detalhe da pilastra da torre e sua trava. (*-5).



Fig. I-108. Vista lateral da caixa d'água. (*-5).



Fig. I-109. Vista interna da torre. (*-5).

CAIXA D'ÁGUA DA INDÚSTRIA CAPUTTO (SALTO - URUGUAI)



Fig. I-110. Vista lateral da caixa d'água no pátio da fábrica. (*-5).



Fig. I-111. Detalhe da torre e seu travamento. (*-5).

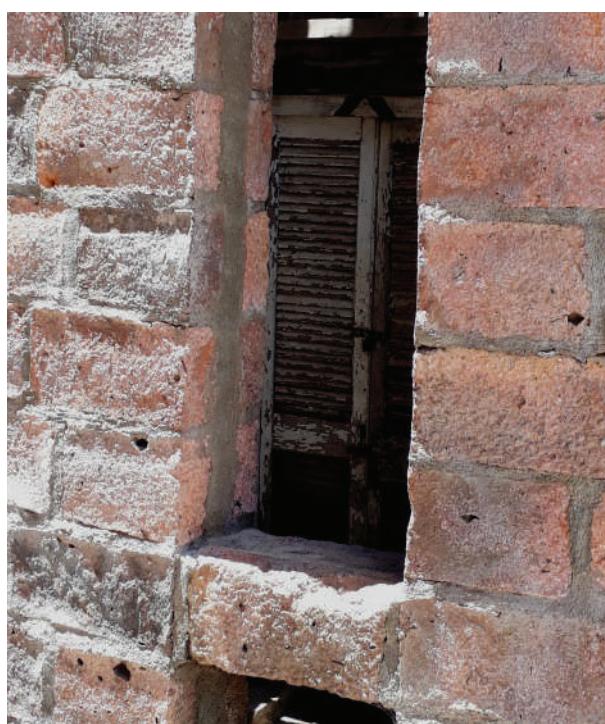


Fig. I-112. Detalhe da trava. (*-5).



Fig. I-113. Interior da torre onde se observam os canos, a escada e a passagem através da caixa d'água. (*-5).

OBRA

Torre de comunicação para a televisão (1986)

**AUTOR DO PROJETO
ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL**

Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO

Maldonado - UY

Esta torre de telecomunicações está localizada na cidade de Maldonado, cidade esta que está unida ao balneário de Punta del Este – Uruguai. Está situada no lugar mais alto do município. Seu engrossamento na parte superior permite fazer um anel circulatório de pessoas, protegido, o que facilita o trabalho de instalação das antenas – os vazados das paredes permitem a fixação das mesmas. O acesso ao topo se faz por uma escada metálica fixada no interior da torre.

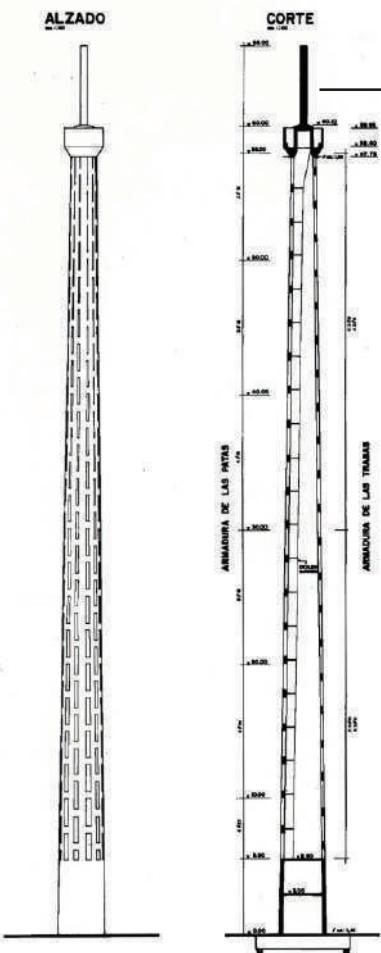


Fig. I-114. Vista e corte da torre de 66 m. de altura. (*-1).

Fig. I-115. (*-5).



O TRAVAMENTO E O VAZADO

Esta torre com 66 m. de altura, foi dimensionada para resistir ventos de mais de 250 km/h., sendo utilizado tijolo maciço de alta resistência. Está totalmente feita em cerâmica armada com dupla parede. Começa a base por uma parede contínua dupla, circular, de dois andares de altura; o seu fuste se vai afinando até o coroamento. Este afinamento é feito pelo estreitamento dos vazados. A volta do círculo em cada nível leva sempre a uma quantidade de tijolo que se pode ajustar com as juntas verticais.

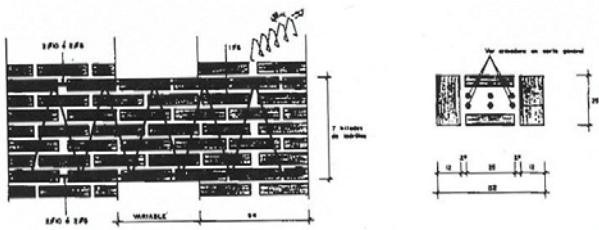


Fig. I-116. Detalhe dos travamentos em alvenaria armada e das linhas contínuas verticais que fazem pilares. Usaram-se estribos horizontais e estribos em espiral. (*-1).



Fig. I-117. Detalhe do vazado da torre, observe que os vazios se vão estreitando na medida que sobe a torre, porque diminuem o raio. (*-5).

O TOPO DA TORRE

Esta foi, em seu momento, a mais alta torre feita no mundo em tijolo armado. Sabendo que essa é uma região marítima com grandes ventos, quando a gente vê pela primeira vez, impressiona e arrepia. Em 1994, o Eng. Ariel Valmaggia, aluno e colaborador do Eng. Dieste, projetou para Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, uma torre em tijolo armado à TV Educativa com 100 m. de altura (Vide Cap. X).

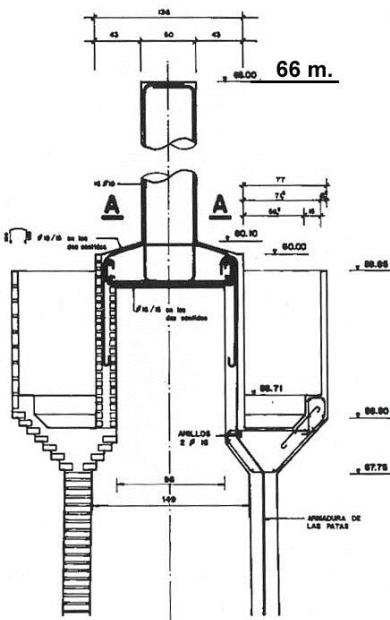


Fig. I-118. O alargamento do topo da torre permite fazer uma circulação na volta para os operários que fixam as antenas. Veja o detalhe de fixação do pino de concreto de 6 m., o que atinge os 66 m. de altura. (*-1).



Fig. I-119. A fixação das antenas. (*-5).

3.7 - EXEMPLO DE OBRA PARA GRANELEIRO

O sistema construtivo usado para graneleiros não difere daquele utilizado em dupla curvatura. A diferença se baseia em:

- 1 - Não tem tensores internos, ou seja, os empuxos horizontais são absorvidos por contrafortes soterrados.
- 2 - A curva *anticatenaria* busca assemelhar-se ao talude natural do grão.
- 3 - A curva longitudinal em cada fatia, em lugar de ser uma Gauss, é uma senoide e cada fatia do graneleiro é um ciclo de senoide.

A tecnologia é similar ao já visto.

- 1º - Colocam-se as formas (Fig. I-120).
- 2º - Colocam-se os tijolos sobre a forma e as armaduras (Fig. I-121).
- 3º - Após se fazem capeamentos com uma fina camada de concreto.
- 4º - No outro dia, desmolda-se baixando um centímetro à forma.
- 5º - Se desloca para a posição do lado e volta a fazer a sequência das operações anteriores (Figs. I-122, I-123).



Figs. I-120 e I-121. Da esquerda para a direita. As costelas da forma começam a ser revestidas de tábuas de madeira. A abóboda de tijolo começa a ser construída pelos operários. (*-1).

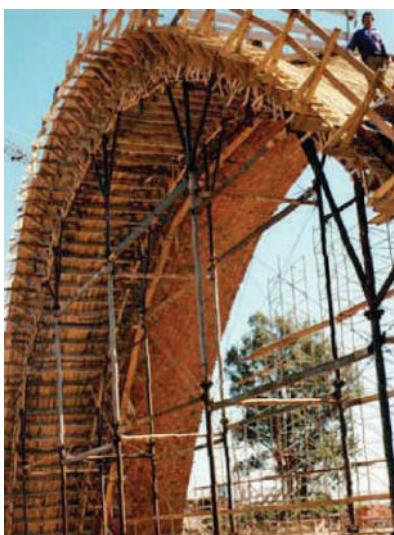


Fig. I-122. Primeira fatia da abóboda finalizada e a forma em posição para realizar a segunda fatia. (*-1).

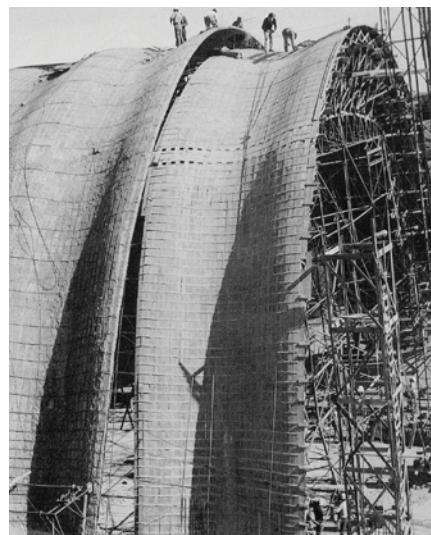


Fig. I-123. Forma recém deslocada, falta subir os centímetros que se abaixou e ajustá-la à curva anterior. (*-4.1).

Tem dois tipos de graneleiros, os de fundo chato horizontal e os de fundo em "V". Os de fundo chato, quando tem fundo profundo, são feitos previamente com paredes de concreto a prumo ou inclinadas. As paredes de concreto são as que suportam os empuxos do grão, e a abóboda só faz cobertura (Figs. I-124 e I-125). Quando o fundo é em "V", fazem-se primeiro os alicerces laterais, logo após a cobertura de cerâmica e, por último, se cava no terreno o "V" e se reveste de concreto.



Figs. I-124 e I-125. Da esquerda para a direita. Vista do celeiro parcialmente construído. O celeiro já finalizado e armazenando grãos. Silos Saman – UY, 1974. (*-4.4).



Fig. I-126. Vista interior desde cima do grão. Silos de Young – UY, 1978. (*-4.4).

Fig. I-127. Graneleiro Saman – UY, 1974, em construção, com as bases de concreto recebendo as ondas. (*-1).



Fig. I-128. Bases de concreto recebendo os arcos-ondas em graneleiro com fundo em V. (*-4.4).



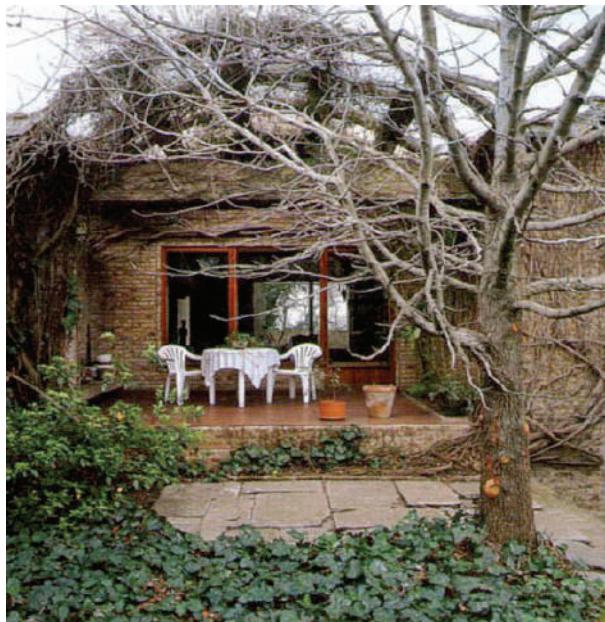
Fig. I-129. Interior do graneleiro no porto de Nova Palmira – UY, 1982. (*-4.1).



Fig. I-130. Vista externa de graneleiro feito em tijolo armado (1982). (*-4.3).

3.8 – EXEMPLO DE RESIDÊNCIA A CASA DE FAMÍLIA DO ENG. DIESTE, 1982

O Eng. Dieste projetava estruturas em tijolo armado, mas a sua própria residência foi projetada por ele. Nesta obra, também foram utilizadas as abóbodas autoportantes, e a arquitetura se adaptou às mesmas. Foi a primeira obra onde usou abóbodas pergoladas.



Figs. I-131 e I-132. Da esquerda para a direita. Vista da abóboda pergolada do pátio interior e vista interior de um dos dormitórios dos filhos. (*-4.7).



Fig. I-133. Vista do estar na direção do pátio com abóboda pergolada. (*-4.7).

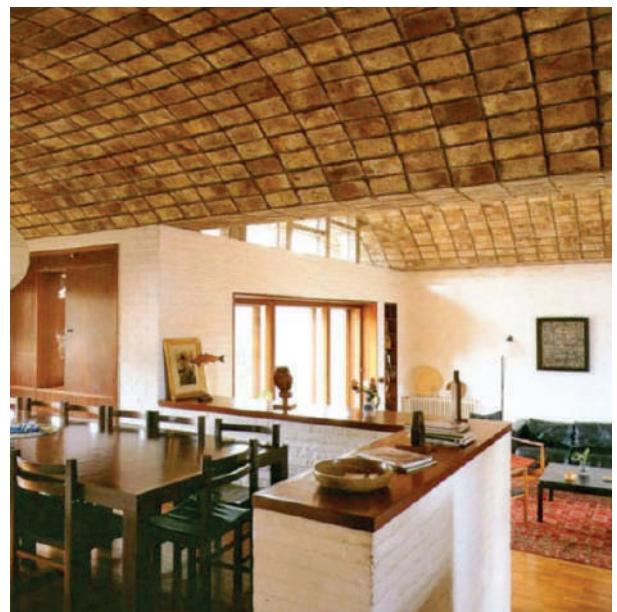


Fig. I-134. Sala de jantar com abóboda autoportante. (*-4.7).

3.9 - OUTROS EXEMPLOS



Figs. I-135 e I-136. Igreja de São Pedro, Durazno – Uruguai. Da esquerda para a direita.
A rosácea vista da nave central. Vista interior da torre do santuário. (*-4.2).

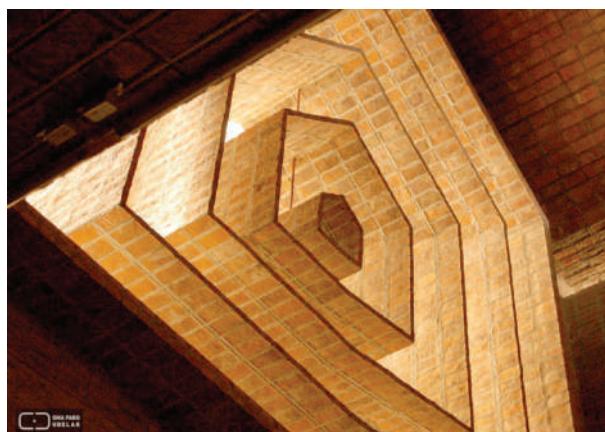


Fig. I-137. Igreja de São Pedro, Durazno – UY, (1967). Imagem da rosácea construída em cerâmica armada. (*-4.3).



Fig. I-138. Detalhe da rosácea. Em parte foi usado o princípio estrutural da roda de bicicleta. (*-2).



Fig. I-139. Concha acústica, teatro de verão em Montevidéu – Uruguai, feita pelo Eng. G. Larrambebere, aluno e seguidor do Eng. Dieste. (*-7).

Referente à obra da Fig. I-139, podemos dizer que se fizeram várias obras parecidas, como a de Las Piedras, cidade satélite a Montevidéu – UY. Todas elas têm como sistema construtivo o uso total de formas de madeira, o que significa um aumento de custo por m^2 muito grande.

3.10 - COBERTURA CÔNICA EM TIJOLO ARMADO

OBRA
Parador Ayuí (1976)

**AUTOR DO PROJETO
ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL**
Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO
Cidade de Salto
(Costanera Norte) – UY



Fig. I-140. Restaurante e cafeteria, Salto – UY. (1976). Cobertura em tijolo armado em forma cônica, com abas em mícula. (*- 5).

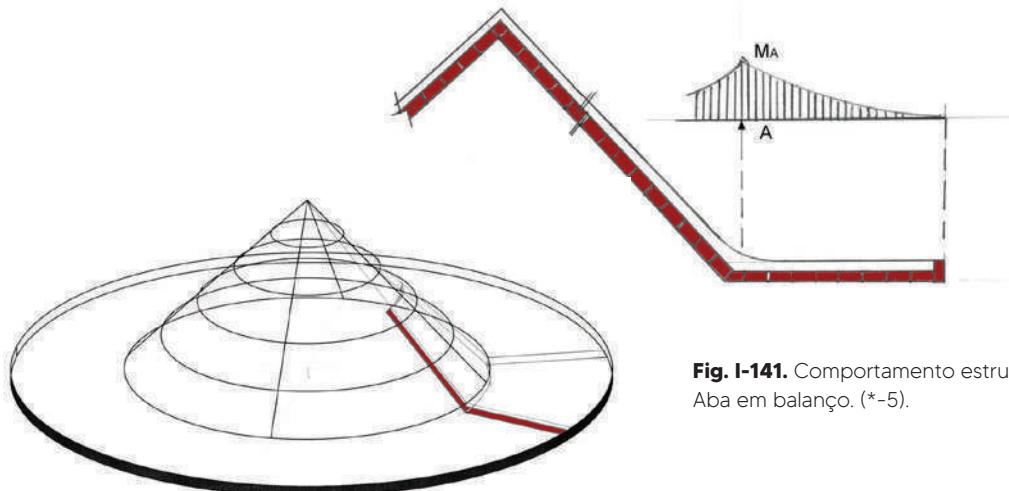


Fig. I-141. Comportamento estrutural.
Aba em balanço. (*-5).

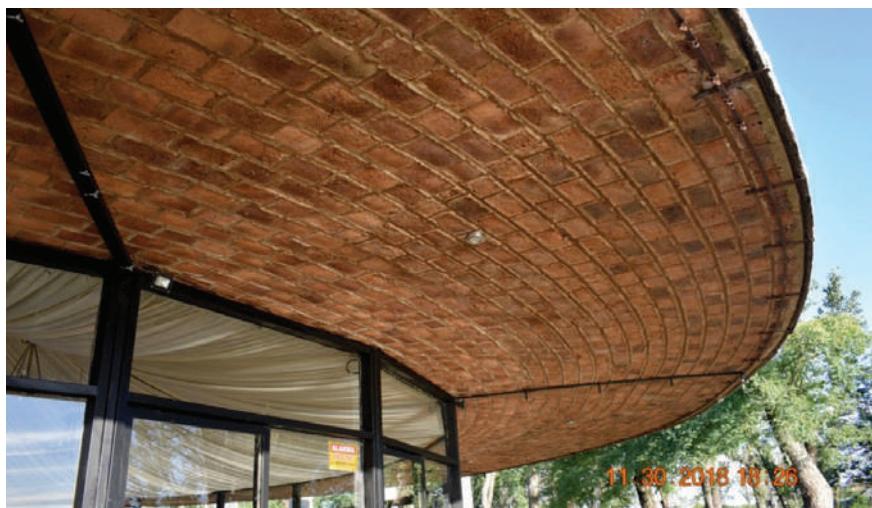


Fig. I-142. Aba na volta
em forma de anel. Mísula
que suporta o esforço
horizontal do cone. (*-5).

3.11 - RESUMO DAS IGREJAS QUE SERÃO ANALISADAS NO CAPÍTULO XII

OBRA

Igreja do Cristo Obreiro (1960)

AUTOR DO PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO

Cidade de Atlântida – UY



Fig. I-143. Vista da frente da igreja. (*-5).



Esta igreja é uma obra-prima da arquitetura em cerâmica armada, será analisada exaustivamente no Capítulo XII – “Contribuição para uma nova arquitetura”.

Fig. I-144. Detalhe da fachada no acesso. (*-5).

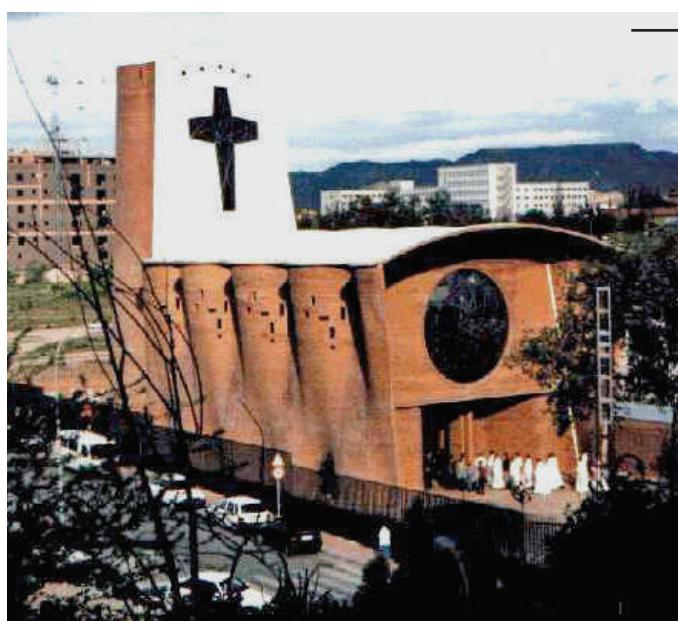


Fig. I-145. Vista superior da Igreja. (*-2).

OBRA

Igreja de São João de Ávila (1996)

AUTOR DO PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO

Alcalá de Henares – Espanha

Esta obra é um magnífico exemplo das muitas obras do Eng. E. Dieste construídas no exterior. Neste caso, foi em Alcalá de Henares, uma cidadezinha perto de Madri, e será mostrada em forma pormenorizada nesta publicação, no Capítulo XII – “Contribuição para uma nova arquitetura”.



CAPÍTULO II

OS MATERIAIS

a cerâmica armada
- indicações para projetar -



Resumen (español)

La cerámica armada

Es un material estructural compuesto por 3 materiales, el ladrillo (cerámica), el mortero de cemento o material para la liga de los ladrillos y el hierro como armadura.

El ladrillo es básico: da la resistencia de referencia a la compresión; permite las variantes de los sistemas constructivos de las cubiertas; da el aspecto final, además provee las características especiales como: módulo de elasticidad dilatación térmica Δt , resistividad térmica, es un regulador de la humedad ambiental. Es un material universal.

El acero, las armaduras usadas son con diámetros pequeños en general y su resistencia es la normal pero pueden ser de alta resistencia.

Indicaciones para proyectar.

Las indicaciones no son rígidas pero, si llegamos a los límites es necesario hacer un pre-dimensionamiento para verificar el margen de seguridad de la estructura. Se da con dibujos las dimensiones límites de las relaciones entre vano (L), flecha de la bóveda (f) y su cuerda (l).

Consideraciones a ser llevadas en cuenta.

Son 14 (catorce) recomendaciones constructivas básicas que deben ser llevadas en cuenta y 3 (tres) recomendaciones para el momento de hacer el proyecto (Cap. II).

Summary (english)

The armed ceramics

It is a structural material composed of 3 materials, the brick (ceramic), the cement mortar or a material to join the bricks and iron as a frame.

Brick is basic: it gives the reference resistance to compression; allows the variances of the construction systems of the roofs; gives the final appearance, also provides special features such as: thermal expansion elasticity module Δt , thermal resistivity, is a regulator of environmental humidity. It is a universal material.

The steel, the reinforcements used have small diameters in general and their resistance is normal but they can be of high resistance.

Indications to project.

The indications are not rigid but if we reach the limits, it is necessary to do a pre-dimensioning to verify the margin of safety of the structure. The limit dimensions of the relations between vain (L), arrow of the vault (f) and its chord (l) are shown in drawings. Considerations to be taken into account.

They are 14 (fourteen) basic constructive recommendations which should be taken into account, and 3 (three) recommendations to the moment of executing the project (Chapter II).

1

UM MATERIAL COMPOSTO

Nos tempos modernos, com todos os seus avanços, com todas suas novas tecnologias, com os novos materiais, abriu-se um grande campo para o desenvolvimento construtivo das superfícies laminares em cerâmica armada. Muitas são as alternativas com outros materiais; mas, nesta ocasião, abordaremos as alternativas somente com cerâmica armada.

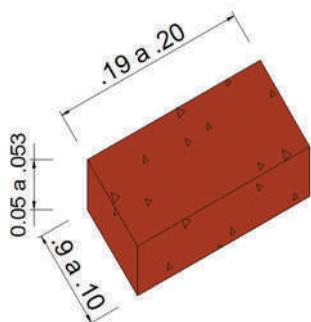
Normalmente, a construção usa materiais compostos, por exemplo, a argamassa, o concreto armado, etc.. Hoje com a cerâmica que pode atingir resistências de mais de $350\text{kp}/\text{cm}^2$, com cimentos ARI de alta resistência inicial e com aços de alta resistência permitindo armaduras com bitolas menores, abre-se a possibilidade de um novo material para a construção, a cerâmica armada com características próprias.

1.1 - O TIJOLO, O COMPONENTE SÓLIDO

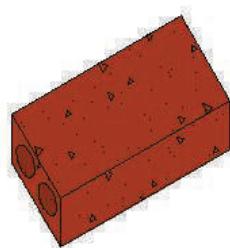
Este material, na cerâmica armada, tem uma responsabilidade fundamental, é básico para considerar o “ δ_r ” ou resistência à ruptura para o dimensionamento da estrutura. Além disso, marca o caminho do sistema construtivo a ser usado, dá o aspecto final ao acabamento, tem vários formatos,

tem outras propriedades que veremos adiante. O mais usado é o tijolo comum, isto é, o tijolo maciço ou o tijolo de 2 furos (Fig. II-1, a, b, c). Outras razões do maior uso do tijolo é que ele é abundante, econômico, pode ser feito industrial ou artesanalmente em qualquer região do país.

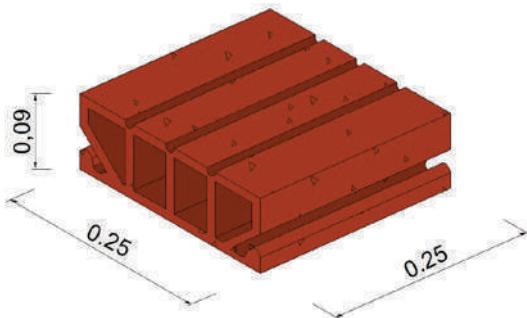
TIPOS DE CERÂMICAS USADAS



a) Tijolo Maciço.



b) Tijolo 2 Furos.



c) Tavela ou Tijolo Especial, com este tijolo se podem fazer vigotas, colocando $\varnothing 5$ nas ranhuras laterais.

Fig. II-1. Estas dimensões mostradas referem-se a diversos países; no Brasil, a norma diz que o tijolo com a junta deve fazer um prisma de $10 \times 20 \times 5$ cm. (*-5).

A indústria fabrica muitos tipos de tijolos ou componentes cerâmicos (Fig. II-1, c) largamente utilizados

na construção, e que nos utilizaremos para fazer abóbadas e outras estruturas de cerâmica armada.

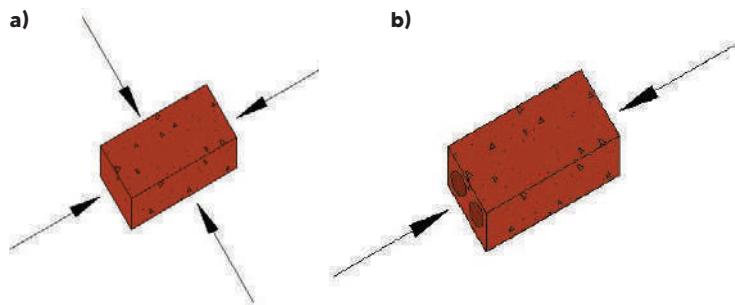


Fig. II-2.

a) O tijolo maciço pode resistir grandes esforços nos dois sentidos no plano da superfície laminar.

b) O tijolo de cerâmica furada resiste grandes esforços no sentido dos furos, no outro sentido do plano da lâmina resiste pequenos esforços, mas suficientes para o processo construtivo. Mais adiante, quando falarmos dos processos construtivos, veremos as vantagens de cada tijolo.

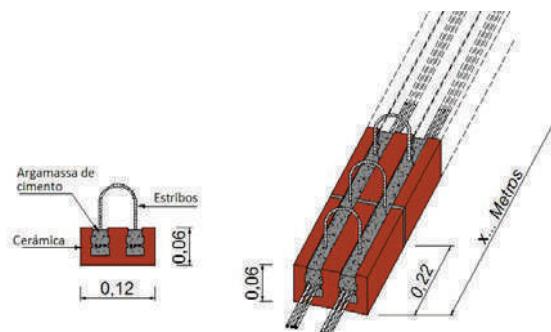


Fig. II-3. Tijolo tipo Stalton para fazer vigotas. As armaduras são levemente pré-tensadas. (*-5).

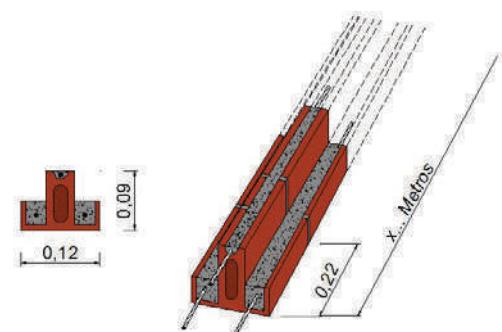


Fig. II-4. Tijolo especial para fazer vigotas. (*-5).

1.2 - O MATERIAL DE LIGA

Antigamente, faziam-se arcos usando pedra com junta seca (Fig. II-5.); mas hoje, que temos infinitas mais possibilidades formais e estruturais, necessitamos de um material de liga para dar a junção entre os elementos sólidos e dar continuidade estrutural. Assim sendo, usamos a argamassa de cimento ($3x1$, areia graúda e cimento), a liga da argamassa com o tijolo será tão forte que não se consegue separar o tijolo da argamassa e se rompe fora da junta.

Concluímos que estes dois componentes passam a ser um novo material para a construção, onde se tem um novo módulo de elasticidade E , um novo coeficiente de dilatação térmica Δt e uma nova resistência à compressão δr .



Fig. II-5. Arcos com junta seca. (*-5)

1.3 - AS ARMADURAS

No binômio anterior (cerâmica-argamassa), a resistência dominante é a compressão, e nós precisamos para nossas modernas e grandes estruturas do uso do aço para os esforços de tração. Além disso, usaremos as

armaduras de menores bitolas para por na junta entre as peças cerâmicas em forma de malhas para distribuir esforços e dar coesão a toda estrutura. Pensando bem, a Cerâmica Armada é uma unidade de três materiais.

1.4 - ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DA CERÂMICA

RESISTÊNCIA

O tijolo pode ter uma elevada resistência mecânica, visto que na fabricação intervêm duas determinantes para suas propriedades: a qualidade da argila e o nível tecnológico. Consequentemente, a resistência à compressão será muito variável de um fabricante para outro. Por isso, aconselha-se fazer muitos testes da cerâmica a ser utilizada, para saber a dispersão dos valores e descartar os valores extremos. Esses testes se fazem em laboratórios especializados, fala-se em resistências δr entre 350 kp/cm^2 e 900 kp/cm^2 para boas cerâmicas de fábrica com alta tecnologia. Não se esqueça de que também se podem fazer e se fazem estruturas com tijolo maciço artesanal, o qual também precisa ser testado com muitas amostras, pois a sua resistência normalmente é pequena.

PRESO PRÓPRIO

O peso específico de uma estrutura feita com tijolo maciço de alta qualidade é de 20% a 28%, menor do que o peso específico de uma estrutura de concreto, sendo 1800 kp/m^3 na cerâmica armada e 2500 kp/m^3 no concreto.

Devido à experiência de muitas obras, o peso próprio por m^2 horizontal (só da estrutura da cerâmica armada) é de 190 kp/cm^2 , enquanto a do concreto (viga e laje) supera os 300 kp/m^2 .

MÓDULO DE ELASTICIDADE E

As estruturas de cerâmica armada têm um módulo de elasticidade E, menor do que as estruturas de concreto. Logo, têm uma capacidade maior de deformação sem que apareçam fissuras prematuras.

DILATAÇÃO TÉRMICA

O coeficiente de Δt de dilatação térmica do tijolo armado é menor do que o do concreto. Logo, as estruturas de cerâmica armada para o mesmo valor de variação em graus (C°) da temperatura têm movimentos menores – os movimentos são mais lentos, provocam menos fissuras e as juntas de dilatação podem estar mais espaçadas.

ISOLAMENTO TÉRMICO

A cerâmica é um material mais isolante que o concreto. Dependendo da qualidade da cerâmica, seu coeficiente de resistividade térmica será maior ou muito maior do que o do concreto. Os tijolos artesanais, que incorporam na sua massa ainda cru, material de auto queima e que ao queimar deixam mini vazios, são muito isolantes, contudo a sua resistência à compressão é muito baixa.

Com argila de alta qualidade, ou seja, de alta resistência, queremos ter um isolamento térmico mais elevado, usamos tijolos ou tavelas com furos, como os já vistos nas Fig. II-1b. e Fig. II-1c.

REGULAÇÃO AMBIENTAL DA UMIDADE

Neste aspecto, considerando que se tem deixado à vista o tijolo, podemos dizer que a cerâmica tem um comportamento similar ao gesso. Quando o ar tem alto teor de umidade, a cerâmica absorve a umidade, deixando o ambiente com menor umidade. Por outro lado, quando o ar local está muito seco, a cerâmica que tinha absorvido umidade devolve umidade para o ambiente. Isto é o que se chama regulador de umidade, criando mais conforto no ambiente fechado.

AS POSSIBILIDADES DE CONSERTOS

É comum que nas grandes coberturas para fábricas, mercados de hortigranjeiros e outros seja necessário ampliar, reformar ou consertar.

Num posto do ICM em São João, Torres, RS/BR, um caminhão cegonha que, na altura, superava o gabarito da estrada, chocou-se com o balanço de uma cobertura em abóboda de tijolo. Parte da cobertura do balanço quebrou no lugar da batida, o resto ficou intacto, dando a sensação de que os esforços se recomponeram, passaram pelos lugares onde havia cobertura; quer dizer que as coberturas laminares têm uma continuidade devido à armadura em forma de malha que se coloca. Foi consertada, colocando e unindo tijolos na posição dos anteriores, não aparecendo o remendo, fato que se fosse no concreto seria impossível. Estando em Madri em

1963, contaram-me que o Frontão Recoletos feito com abóbodas em tijolo armado pelo Eng. Eduardo Torrojas havia sido bombardeado na Guerra Civil Espanhola que terminou em 1939, e por isso estava deteriorado, mas em pé. Dado seu estado, decidiram demoli-lo anos após (1970). Ouvi opiniões que diziam que poderia haver sido consertado.

O TIJOLO, UM MATERIAL UNIVERSAL

O tijolo, o material de referência básica para todas as tecnologias que vamos abordar neste livro, é um material milenar. É o material mais barato da construção, faz-se desde uma forma artesanal ou usando a mais alta tecnologia industrializada, assim tem todas as qualidades possíveis. É o material mais conhecido da construção.

1.5 - MÃO DE OBRA

Em todos os cantos do mundo existem pedreiros que dominam a tecnologia artesanal do uso do tijolo na construção. Todas as tecnologias que veremos no decorrer deste livro poderão ser feitas em qualquer lugar da Terra. É só aguardar algumas dicas

iniciais e eles, os pedreiros e mestres, farão coisas extraordinárias.

Poderíamos dizer que as abóbodas de cerâmica armada são uma novidade para a mão de obra existente, mas que eles já estão preparados para recebê-las.

2

INDICAÇÕES PARA PROJETAR

Estas considerações para projetar não devem ser aceitas como uma regra rígida, mas sim como advertências.

A experiência de muitos anos na parte de dimensionamento, pesquisa e obra leva até essas ideias prévias; digamos, são conselhos que ajudam a tomar um rumo no projeto. Provavelmente,

muitas vezes por exigência do projeto, chega-se aos limites aconselhados, isso não quer dizer que esteja errado, e, sim, mais bem, que se acende uma luz de atenção. Quando isso acontecer é razoável que se faça pré-cálculo, isto é, um pré-dimensionamento onde se verifique com ampla margem de segurança a resistência dos materiais. Ainda há projetos que,

já no seu nascedouro, são singulares e que devem ser considerados como tal, o que significa que estes conselhos não lhes cabem.

A criatividade humana é muito rica, e a dos arquitetos e engenheiros mais ainda. No Capítulo XI temos o exemplo de uma abóboda de dupla curvatura,

Apartado 3 – Fig. XI-27, por suas características, não cabe ser levado em consideração nestes conselhos. Outro item que pode alterar os limites aconselhados é a resistência dos materiais, principalmente o tijolo (com tijolo de campo comum é impossível chegar a vãos de 45 m.).

2.1 - INDICAÇÕES PARA UM ANTEPROJETO

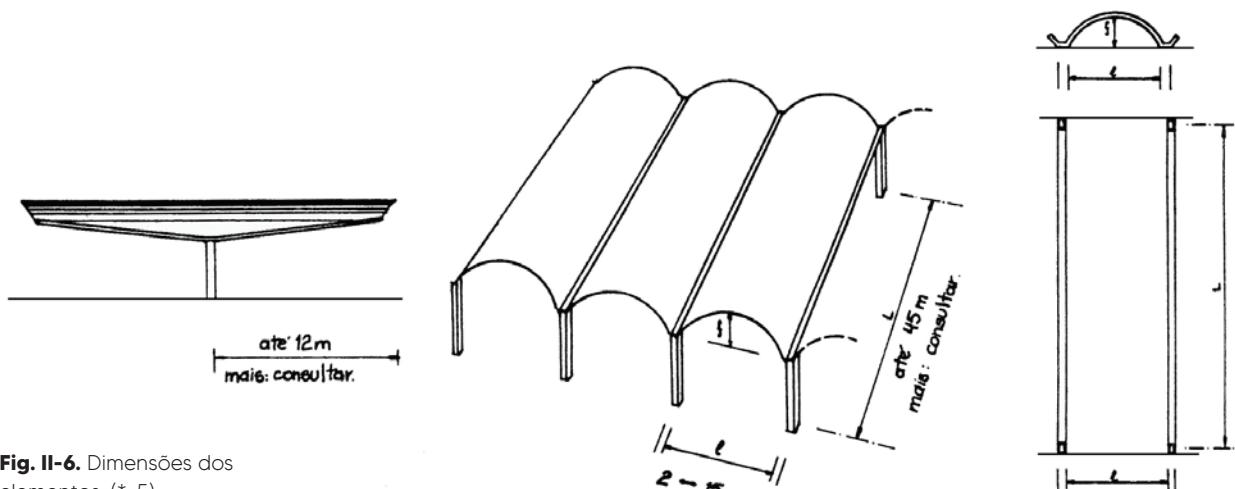


Fig. II-6. Dimensões dos elementos. (*-5).

Seguindo estas indicações, estamos em condições de fazer um anteprojeto bastante acertado.

2.2 - RECOMENDAÇÕES PARA ESCOLHA DA FLECHA APROPRIADA

1^a Condição:

Em função do vão longitudinal (L)
 $\frac{1}{12} L < f < \frac{1}{4} L$,
Se $f < \frac{1}{12} L$ surgem solicitações elevadas no sentido longitudinal.
Se $f > \frac{1}{4} L$ começa a trabalhar como arco.

2^a Condição:

Em função do vão transversal (ℓ), corda.
 $\frac{1}{10} \ell < f < \frac{1}{4} \ell$,
Se $f < \frac{1}{10} \ell$ surgem solicitações elevadas com risco de flambagem transversal na casca.
Se $f > \frac{1}{4} \ell$ riscos de flambagem na casca devido a cargas accidentais (vento, pessoas, etc.).

3

RECOMENDAÇÕES GERAIS PRÉVIAS PARA TRABALHAR COM CERÂMICA ARMADA

Antes de começar, é bom se ter sempre em conta sempre certas recomendações para todos os casos, a fim de não lamentar inconvenientes que podem ser catastróficos.

3.1 - ASPECTOS CONSTRUTIVOS

- 1 O tijolo de cerâmica armada deve ser usado sempre **bem molhado**.
- 2 **Não aceite o tijolo mal queimado.**
- 3 **Não aceite o tijolo trincado.**
- 4 Para a mesma abóboda ou estrutura, não use tijolo de diferente fabricante ou procedência.
- 5 Faça sempre testes da ruptura do tijolo ou da argamassa, seguindo as normas.
- 6 A argamassa será sempre de areia grossa (areião) e cimento, jamais coloque aditivos.
- 7 A textura da argamassa será pastosa.
- 8 À mesma obra, use a mesma granulometria da areia; se aparecerem grãos muito grandes, peneire a areia.
- 9 Areia fina, não use para elementos da estrutura.
- 10 Não manche o tijolo com a argamassa.
- 11 Numa cobertura, use a junta entre tijolos sempre iguais.
- 12 Revise constantemente se o escoramento está firme.
- 13 Estes trabalhos sempre são feitos na altura, exagere com os cuidados de segurança.
- 14 Quando se começa um trabalho novo em tijolo armado, o profissional responsável sempre deve estar presente até que se encaminhem os trabalhos.

3.2 - ASPECTOS DE PROJETO

- 1 Haverá uma planta baixa com os eixos dos apoios da cobertura e com os níveis do **contrapiso** e do topo dos apoios (pilares, paredes, etc.).
- 2 Projete o comprimento da curva da cobertura de forma que caiba na mesma um número exato de tijolos e juntas.
- 3 Corte tijolo só eventualmente.



CAPÍTULO III

SISTEMA P. E C. (PRÉ-MOLDADOS E CAMBOTAS)

sistema construtivo
com pré-moldados longos, reguados
e cimbres guias (cambotas)



Resumen (español)

Sistema P. y C. (pre-moldeados y cimbras-guías)

El sistema más usado por el autor, de él derivan otros sistemas constructivos para bóvedas. La búsqueda de economizar madera lleva a inventar este sistema, luego patentado.

Una estructura optimizada porque usa una tecnología que da rapidez y economía de mano de obra, porque usa materiales baratos, porque tiene un pequeño gasto inicial y consigue resultado de gran belleza. La idea básica del sistema que genera las superficies laminares, se refiere a un elemento recto, el pre-moldeado y una línea guía que puede tener el formato que quiera, que si es en curva va a formar una bóveda y la llamamos cimbra, sus alternativas están dadas en la Fig. III-1 a la Fig. III-18.

Componentes del sistema, los pre-moldeados. Se definen sus características, peso propio, resistencia que debe tener, el largo, el manoseo, su terminación (Fig. III-19 a la Fig. III-34). El pre-moldeado, está detallado paso a paso, el molde, las etapas, sus materiales, como almacenar, etc. (Fig. III-35 a la Fig. III-47). Los cimbres-guías. Los cimbres se hacen en madera con sus variantes, los enteros, los separados y los divididos (Fig. III-48 a la Fig. III-58). La curva anti catenaria como se genera (Fig. III-59 a la Fig. III-61). La obra, el montaje; está dividido en dos maneras de avanzar en obra: 1) Avance frontal y 2) Avance lateral. Este capítulo explica paso a paso (11 pasos), el proceso de montaje de una bóveda, con todos sus detalles (Fig. III-65 a la Fig. III-100). Analiza las determinantes que permiten decidir cuál es el tipo de avance de obra más conveniente. Analiza con esquemas y dibujos el avance lateral (Fig. III-101 a la Fig. III-110). Explicaciones de cómo se hace la integración estructural (Fig. III-111 a la Fig. III-113). Detalles constructivos (Fig. III-114 a la Fig. III-117).

Summary (english)

P. and C. System (pre-molded and formwork-guides)

It is the most used system by the author, other constructive systems for vaults derive from it. The search to save wood leads to the invention of this system, then patented.

An optimized structure because it uses a technology that provides speed and economy of labor, because it uses cheaper materials, and it has a small initial expenses, getting a result of great beauty. The basic idea of the system that generates the laminar surfaces, refers to a straight element, the pre-molding and a guideline which can have any desired format, that if it is curved it will form a vault and we call it formwork, its alternatives are in Fig. III-1 to Fig. III-18.

Components of the system, the pre-molded. Its characteristics are defined, own weight, resistance that it must have, the length, the handling, its completion (Fig. III-19 to Fig. III-34). The pre-molding is detailed step by step, the mold, the stages, their materials, how to store it, etc. (Fig. III-35 to Fig. III-47). The formwork-guides. The formworks are made of wood with its variations, the integers, the separated ones and the divided ones (Fig. III-48 to Fig. III-58). The anti-catenary curve as it is generated. (Fig. III-59 to Fig. III-61). The work, the assembly; It is divided into two ways to advance the work: 1) Front advance and 2) Lateral advance. This chapter explains step-by-step (11 steps), the process of assembling a vault, with all its details (Fig. III-65 to Fig. III-100). It analyzes the determinants that allow you to decide which is the most convenient type of work progress. It analyzes the lateral advance with diagrams and drawings (Fig. III-101 to Fig. III-110). Explanations of how structural integration is done (Fig. III-111 to Fig. III-113). Construction details (Fig. III-114 to Fig. III-117).

Vamos considerar primeiro este sistema, porque é o mais usado e foi criado pelo autor. Também começamos por ele porque a ideia básica dá lugar a outros diversos sistemas construtivos de estruturas laminares, as quais veremos nos próximos capítulos.

1

UMA PEQUENA HISTÓRIA

Nos idos do ano 1964, no Uruguai, o Eng. Eladio Dieste usava para fazer abóbodas o sistema construtivo das formas parciais deslocáveis no sentido do eixo principal. Considerando que naquele momento o Uruguai tinha zero produção de madeira, e que toda madeira para a construção era importada, encaixava desproporcionalmente a obra.

Nesse tempo, José M. Aroztegui e eu éramos estudantes de arquitetura. Por iniciativa própria, havíamos avançado nos estudos de arcos, cúpulas e abóbodas. Sonhávamos em ter uma empresa que começaria modestamente a fazer coberturas econômicas, cobrindo grandes vãos.

Decidimos pelas abóbodas autoportantes, já que, ao mesmo tempo, são vigas em asa de gaivota que também cobrem a superfície em questão. Estas coberturas se nomeavam cascas e deveriam ser chamadas laminares. São feitas normalmente com tijolo maciço artesanal, chamado de campo – quer dizer, era o material mais barato que existia e que existe. Pelo grande momento de inércia que esta solução com abóbodas consegue, e a leveza que tem, sabemos, consequentemente, que a estrutura terá um coeficiente de aço (armadura resistente por m^2) muito baixo. Num país onde o ferro é importado, as estruturas de ferro passam a ser mais caras. É lógico que, no decorrer do tempo, as relações de preço no mercado têm muitos fatores que o fazem mudar.

Para nós, se o dimensionamento estrutural era superável com estudos, a construção barrava no custo da madeira das formas. Vira e mexe nas ideias, quando surge à solução dos pré-moldados longos e dos apoios dos pré-moldados em cimbres-guias. Nesse momento, acreditamos que daria certo, que era viável, que era um sistema mais econômico, que era inédito porque até aquele momento ninguém havia usado esta solução. Logo, não estávamos copiando ninguém ou usando indevidamente criações feitas por outras pessoas.

O primeiro passo foi fazer protótipos e logo obras de cobertura e, na medida em que as obras foram surgindo, os resultados eram cada vez melhores. Em outubro/1966 solicitamos a “Patente de Invenção” na “Dirección de la Propiedad Industrial del Uruguay”, a qual nos concedeu em 21/08/67, com o N.^o 7.893 e o nome “Abóbodas pré-fabricadas em tijolo armado”.

Da quase teoria, lentamente, a ideia ia passando à prática nas obras – uma atrás da outra, acrescentando-se detalhes que, pouco a pouco, foram se aperfeiçoando o sistema até transformá-lo em um sistema construtivo amadurecido e experimentado.

Pode-se dizer que o brilhante descobrimento estrutural do gênio Eng. E. Dieste, em referência às abóbodas autoportantes e ao uso da curva *anticatenaria*, e com um sistema construtivo como este que usa elementos pré-moldados e cimbres guias, ajudou-nos a estarmos diante de uma estrutura otimizada.

2

UMA ESTRUTURA OTIMIZADA

Este método com o desenho estrutural, os materiais e a tecnologia construtiva se combinam para a excelência na estrutura. Em termos de coberturas para grandes vãos, maiores do que 15 m., podendo chegar a 50 m., tem-se conseguido uma solução global com:

- a) beleza formal, lógica estrutural e adequação às solicitações;
- b) material barato, abundante, com a resistência adequada, durável, com excelente resistividade térmica, não inflamável e com beleza;
- c) uma tecnologia de alta produtividade, podendo ser feita a obra toda com muita rapidez, já que tem

várias tarefas que podem ser feitas em paralelo. Sem necessidade de mão de obra com experiência no sistema – claro, se a tiver melhor –, consegue-se economia com mão de obra e de tempo. Muitas tarefas podem ser terceirizadas.

Este sistema construtivo permite ser usado por empresas pequenas que não tenham equipamento mecânico. Então os pesos máximos são adequados a 4 operários e o peso normal a 2 operários, ou pode-se usar o equipamento de uma empresa que tenha: grua, guindaste móvel, caminhão com braço guincho, empilhadeira e, portanto, utilizar pré-moldados mais pesados, que veremos mais adiante nos graneleiros.

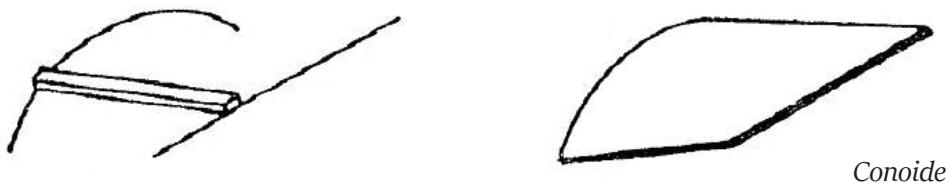
3

IDEIA BÁSICA

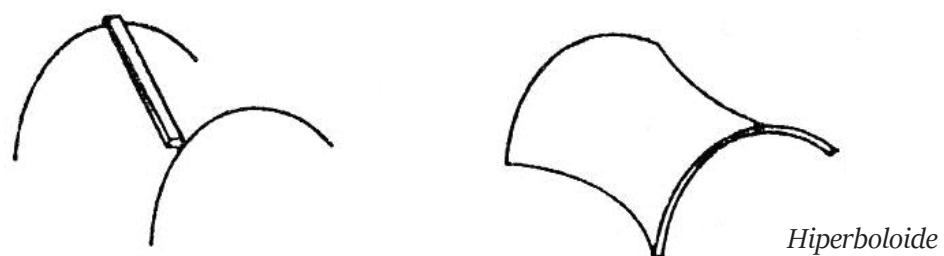
A ideia básica é que, através de elementos planos, retos, predominantemente longos, pré-moldados, seja possível gerar superfícies muito variadas e apropriadas ao trabalho estrutural. Veja-se na sequência (Figs. III-1, III-2, III-3, III-4) o enorme potencial para a concepção de lâminas com superfícies regradas. Os exemplos mostrados são ideias básicas primárias. Além disso, estes

exemplos poderão ser combinados entre eles, isso só dependerá da criatividade do profissional. Será um jogo entre um elemento linear, o qual, na realidade, é um pré-moldado cujos extremos se apoiam nessas linhas-guias que, na obra, serão elementos simples auxiliares de uso circunstancial, normalmente feitos de madeira, o que chamaremos cambotas ou cimbres guias.

COM BORDA RETA E A OUTRA CURVA



Conoide



Hiperboloide

Fig. III-1. (*-5)

COM BORDAS RETAS E PARALELAS

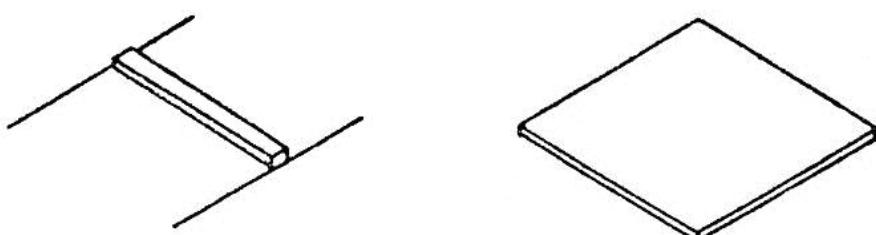


Fig. III-2. Plano. (*-5).

COM BORDAS QUAISQUER

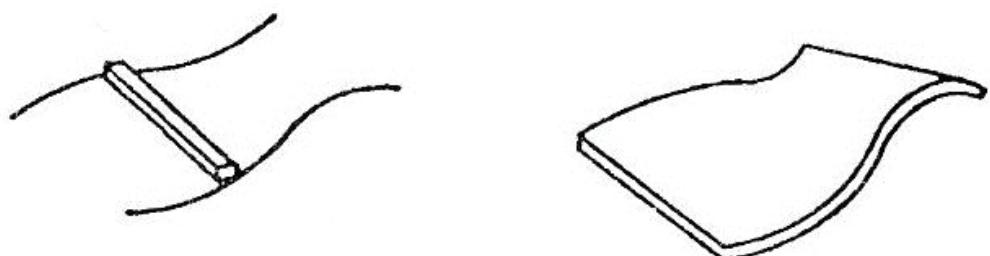


Fig. III-3. Superfície regrada qualquer. (*-5).

COM BORDAS CURVAS

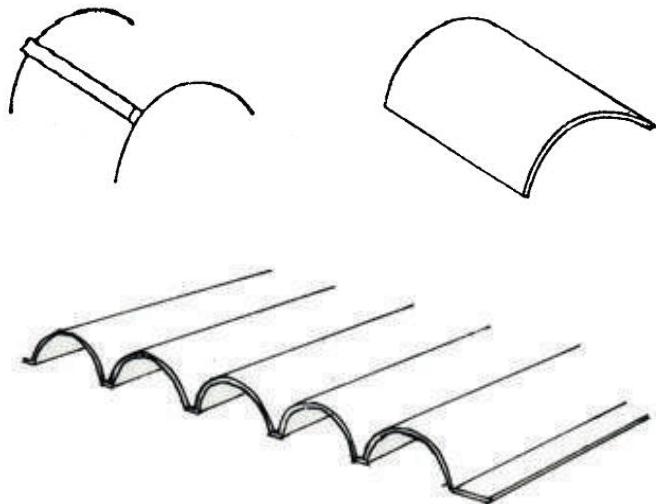


Fig. III-4. Abóboda cilíndrica. (*-5).



2 Figs. III-5. Exemplo: Escola Fazendária, Canasvieiras/SC (1979). (*-5).



Fig. III-6. Ford Carazinho/RS. (1978). Cobertura em obra. (*-5).



Fig. III-7. Ford Carazinho/RS. (1979). Cobertura com a obra terminada. (*-5).

ABÓBODAS COM CONICIDADE

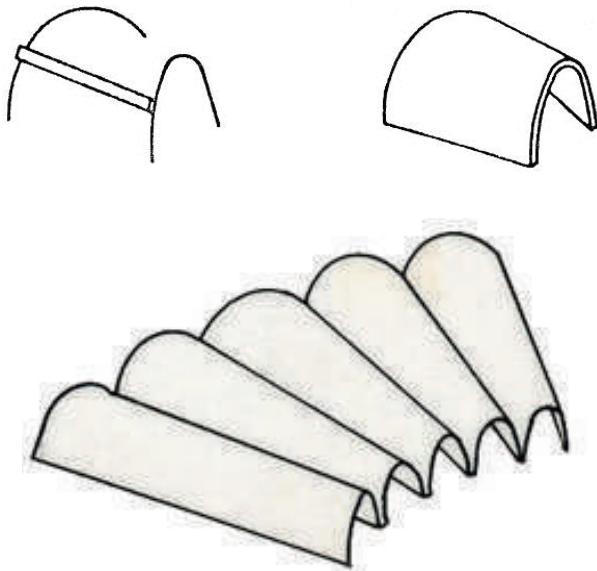


Fig. III-8.
Abóbodas com
conicidade. (*-5).



Fig. III-9. Hotel
Internacional
Gravatal Tubarão/
SC (1977). (*-5).

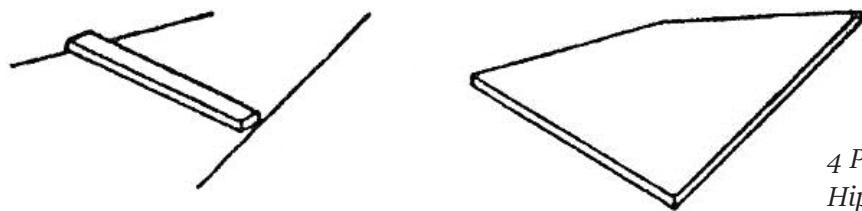


Fig. III-10. Hotel
Internacional Gravatal
em Tubarão/SC (1977).
Vista do pátio, abóbodas
com conicidade. (*-5).



Fig. III-11. Hotel
Internacional Gravatal.
Vista do extradorno,
entrada, abóbodas com
conicidade. (*-5).

COM BORDAS RETAS E CRUZADAS



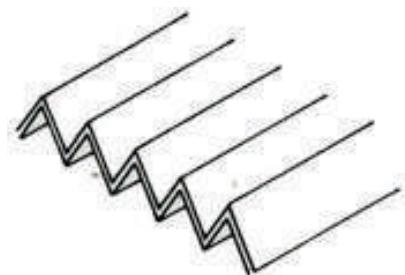
4 Paraboloides
Hiperbólicos.



Figs. III-12. Ford Carazinho/
RS (1979). Duas Vistas da caixa
d'água feita com 4 paraboloides
hiperbólicos. (*-5).



COBERTURAS COM BORDAS PLISSADAS



Cobertura reta



2 Figs. III-13. Biblioteca Municipal de
Rivera – Uruguai (1966). (*-5).



2 Figs. III-14. Liceo de Vichadero - Uruguai - (1964). (*-5).

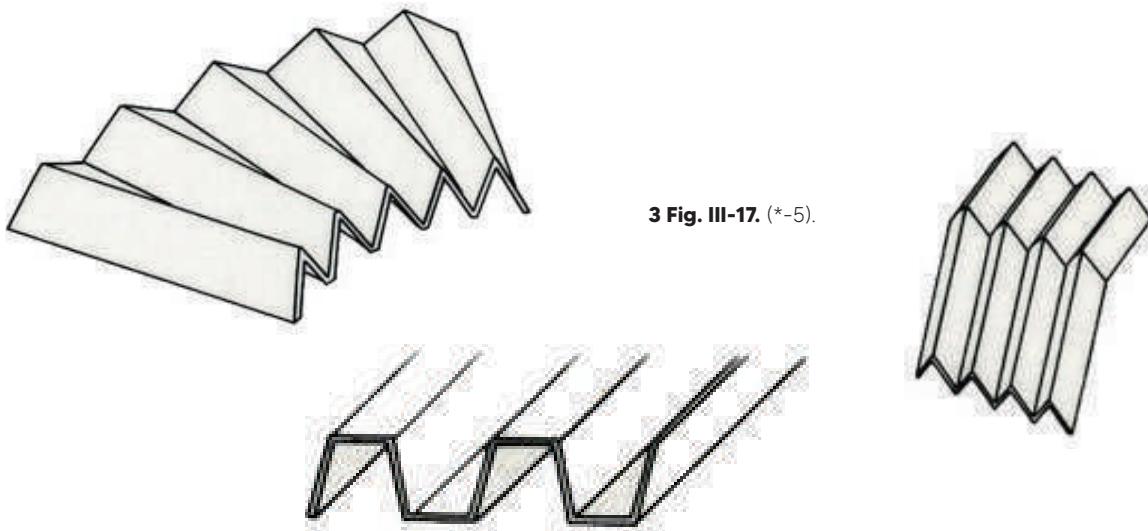


Fig. III-15. Liceo de Vichadero - Vista interior. (*-5).



2 Figs. III-16. Barbacoa - Vichadero - Uruguai (1965). Cobertura sem tensor. (*-5).

COBERTURA COM PLISSADOS COMBINADOS



3 Fig. III-17. (*-5).

A determinante a seguir, em todas estas soluções, é que o comprimento das diretrizes de apoio dos elementos pré-moldados lineares deve ser igual nos dois extremos, porque devem conter o mesmo número de peças ou elementos pré-moldados

(Fig. III-18). Somente em casos muito especiais os comprimentos das diretrizes são diferentes; neste caso, portanto, haverá recortes nos pré-moldados. Veremos exemplos disso mais adiante.

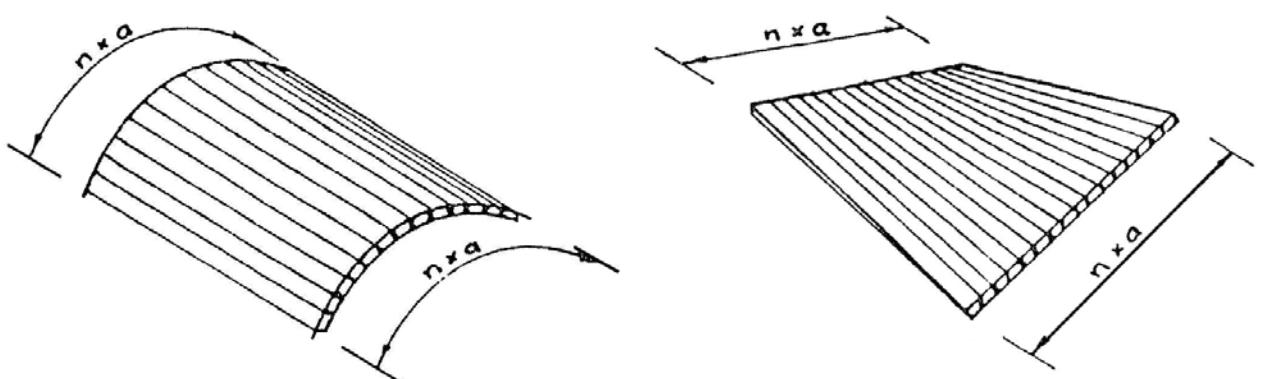


Fig. III-18. Com o mesmo numero de pré-moldados em cada extremo. (*-5).

4

OS COMPONENTES DO SISTEMA COM PRÉ-MOLDADOS LONGOS REGUADOS (SISTEMA P. E C.)

4.1 - OS PRÉ-MOLDADOS

A peça fundamental do Sistema Construtivo é o “pré-moldado linear”. A partir desta ideia, disponemos de elementos lineares que tenham condições mínimas de resistência à flexão até poderem ser integrados ao trabalho estrutural da superfície gerada, quer dizer, a possibilidade de apoiar a superfície gerada apenas nas linhas diretrizes das extremidades; permitem soluções, as mais variadas, criativas e econômicas, porque dispensa as custosas formas contínuas. Em consequência, para aplicar este sistema construtivo, surgem diversas necessidades de esclarecimentos.

- *Definir o peso próprio dos pré-moldados.*
- *Definir a técnica de fabricação dos elementos lineares (os pré-moldados).*
- *Definir o comprimento e suas consequências no sistema.*
- *Definir a capacidade de resistência à flexão para fins de manuseio e montagem, que possam posteriormente ser integrados ao esforço estrutural da superfície maior.*
- *Definir condições para o transporte e manuseio desses elementos pré-moldados.*
- *Resolver detalhes específicos relacionados aos acabamentos para a beleza da obra.*
- *Planejar a execução do conjunto da lâmina estrutural estabelecendo o roteiro de montagem do conjunto.*

4.1.1 – Características dos pré-moldados

PESO PRÓPRIO E RESISTÊNCIA

Temos a necessidade de confeccionar peças que resistam a condições de manuseio e ao esforço de flexão provocado pelo próprio peso e pelo peso de um operário no seu ponto central (Fig. III-21). Em consequência, a definição das características deverá ser estabelecida conhecendo os materiais e as técnicas utilizadas para sua movimentação.

Muitas são as possibilidades de confecção, podem ser industrializadas, temos muitos exemplos de obras a respeito. Neste caso, abordaremos as operações de uma confecção manual. Tomamos como referência que o peso resultante da peça pré-moldada não ultrapasse os 50 kg, a fim de as mesmas serem operadas por uma ou duas pessoas.



Fig. III-19. O pré-moldado usado pesou cerca de 20 kg e tinha 1,25 m. de comprimento. Foi usado para a cobertura do Liceo de Vichadero - Uruguai, em 1964. Cobertura plissada. (*-5).



Fig. III-20. Crianças (11 anos) que brincavam por perto serviram para demonstrar como podem ser leves as peças. (*-5).

É evidente que, normalmente, pré-moldados têm mais comprimento que o exemplo da figura e mais peso. Usados em cobertura plissada, como é o caso deste exemplo, ou em casas populares, os comprimentos são menores e com menos peso.

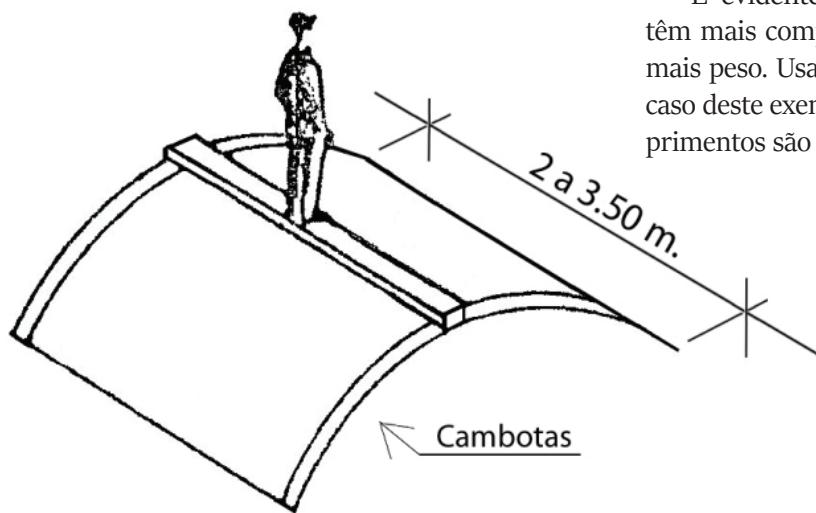


Fig. III-21. O pré-moldado deve resistir ao peso de um operário, sem trincar, é só para a montagem. (*-5).

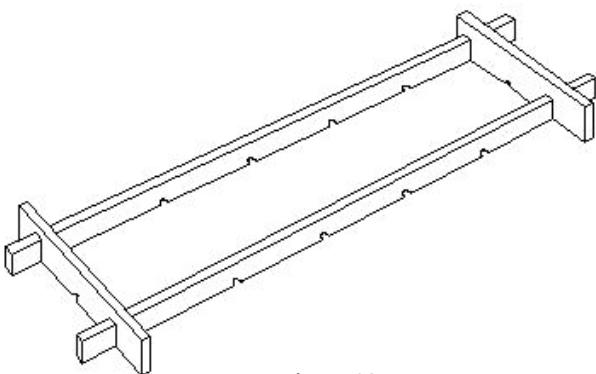


Fig. III-22. Vista geral do gabarito para pré-moldados de tijolo. (*-5).

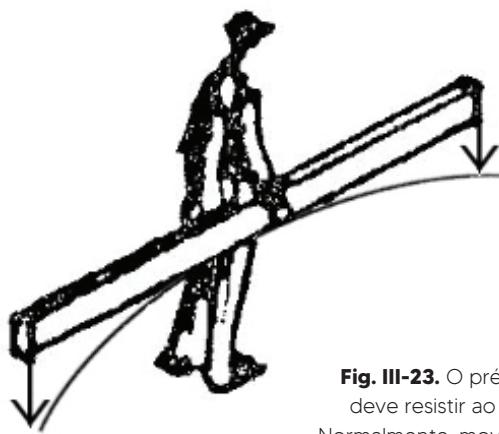


Fig. III-23. O pré-moldado deve resistir ao manuseio. Normalmente, movimenta-se com 2 operários pegando nas pontas ou em lugares estratégicos. (*-5).

PESO PRÓPRIO E RESISTÊNCIA

O comprimento do pré-moldado deve ser o maior possível. Na medida em que conseguimos aumentar o comprimento do elemento, estamos atingindo vantagens no sistema. Tem coberturas onde a superfície fica retorcida, é o exemplo das abóbadas com conicidade, também os conoides e as superfícies paraboloides hiperbólicas, etc. (Fig. III-12), onde o retorcimento exige pré-moldados mais curtos para não aparecerem grandes defeitos nas continuações dos pré-moldados e ficarem acabamentos grotescos.

O maior comprimento do pré-moldado separa mais as cambotas de apoio. Portanto, em cada operação de montagem se cobre mais superfície ao mesmo tempo. No caso dos tijolos maciços, o comprimento máximo do pré-moldado é próximo a 1,75 m.. Nas coberturas plissadas (Fig. III-20), as exigências nos comprimentos são normalmente menores.



Fig. III-24. Com 7 tijolos de campo maciços para a usina de processamento de leite Conaprole, Rivera – UY (1966). Comprimento do pré-moldado 1,75 m. (*-5).

Para obter pré-moldados mais compridos, várias são as determinantes que devemos levar em conta:

- a) Usar tijolos onde seu material tenha maior resistência à compressão.
- b) Usar tijolo furado com as mesmas dimensões têm menos peso, é o caso do tijolo de 2 furos. Já visto na Fig. II-1 b).
- c) Usar tijolo especial como os das Figs. II-1 c e III-26, furado, com altura maior (9 cm.), onde o pré-moldado tem maior momento de inércia e, assim, mais capacidade resistente, o que permite um maior comprimento.

Nos dois casos das Figs. III-24 e III-25, o comprimento é o mesmo porque são feitos com 7 (sete) tijolos em duas fileiras. Sendo que o pré-moldado feito com tijolo furado permite ser movimentado por 1 operário, por ser mais leve.



Fig. III-25. Pré-moldados com 7 tijolos de 2 furos e alta resistência (1985). (*-5).



Fig. III-26.
Depósito CEEE
– Porto Alegre/
RS (1976).
Comprimento
do pré-moldado:
2,85 m. com tijolo
especial. (*-5).



Fig. III-27. Ford Lajeado/RN (1975). Comprimento das vigas 2,85 m. com tijolo especial. (*-5).

Em ambos os exemplos (Fig. III-26 e Fig. III-27), foram elaborados com tijolos especiais e o comprimento, com todas as condições de segurança, atingiu 2,85 m. Se compararmos com o exemplo anterior – com 1,75 m. de comprimento – resulta que

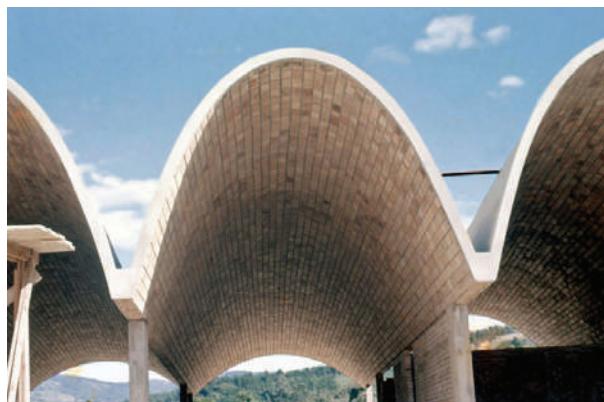
a velocidade de montagem aumentou 1,63 vezes com a mesma mão de obra, ou seja, 63 % mais rápida e mais econômica a montagem.

ACABAMENTO E BELEZA

Além das qualidades resistentes, é de fundamental importância que a face que fica à vista tenha um bom acabamento, já que uma das mais apreciadas qualidades das coberturas de cerâmica armada exerce influência na beleza e perfeição do seu acabamento.

A cerâmica oferece muitas soluções para cumprir as exigências anteriores. A etapa de

fabricação “*in situ*” ou pré-moldagem é essencial à qualidade e beleza do acabamento final. As peças terão que estar limpas de rebarbas e manchas, sem trincas ou quebraduras nos tijolos. As juntas dos tijolos deverão ter uma continuidade perfeita. O bom acabamento e beleza final dependerão de uma montagem perfeita na estrutura que veremos mais adiante.



2 Figs. III-28. Hotel Internacional – Gravatal/SC, ainda em obra, duas (2) vistas por baixo, abóbodas com conicidade onde coincidem as juntas dos tijolos. (*-5).



Fig. III-29. Trabalho de limpeza de pequenas e poucas rebarbas após tiradas as cambotas, os vales escorados. (*-5).

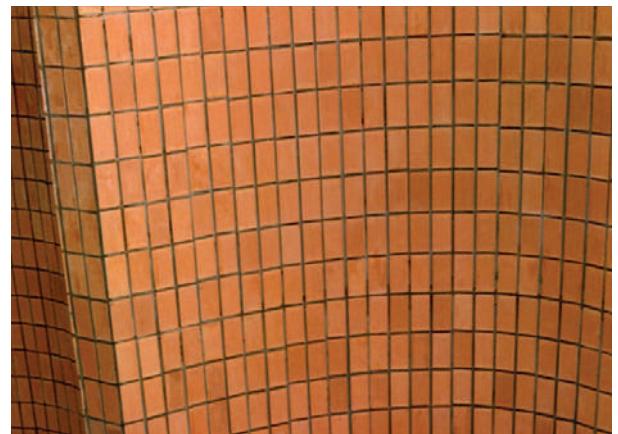


Fig. III-30. Acabamento praticamente perfeito, com juntas refundidas. (*-5).



Fig. III-31. Hotel Internacional Gravatal/SC (1977). Mesmo que a cobertura seja retorcida conicamente, a continuidade dos tijolos é perfeita. (*-5).



Fig. III-32. Hotel Internacional Gravatal/SC. As abóbadas são em leque, ou seja, com as superfícies ficando retorcidas. (*-5)



Fig. III-33. Ford Carazinho/RS, em construção. (*-5).



Fig. III-34. Ford Carazinho/RS, em obra onde já foi retirado o escoramento. (*-5).

4.1.2 – A pré-moldagem

Chamamos “pré-moldagem” quando a atividade de fazer a peça para a cobertura com moldes que se reusam se faz manualmente, sem fábrica fixa, normalmente no canteiro de obra; e chamamos “pré-fabricação” quando se fazem as peças da cobertura em fábrica fixa.

A pré-moldagem ou moldagem manual, por ser atividade padronizada e repetitiva, permite que o molde que vai ser reutilizado muitas vezes, seja estudado e preparado com perfeição, a efeitos de que a peça moldada seja quase perfeita e com as mesmas dimensões sempre. Isto permitirá que a peça pré-moldada seja sempre igual, exigindo que a separação dos apoios (cimbre guias) sejam colocados na mesma distância.

Neste caso, limitamo-nos a expor com mais detalhes a confecção dos pré-moldados com tijolos maciços e com tijolos com dois furos redondos longitudinais ou similares – porque, além de serem universalmente usados, oferecem boas soluções para muitas e variadas exigências –, mas também veremos com tijolos especiais. Para pré-moldarem estas peças, é necessário dispor de uma área livre no canteiro de obra, o mais próximo ao lugar de montagem da cobertura para evitar acarreio ou transporte que venha a consumir mão de obra. Como o contrapiso é sempre obrigatório fazê-lo, e é uma das primeiras tarefas da obra, aproveita-se para pré-moldar. Muitas vezes pelas condicionantes do tamanho do terreno,

é melhor pré-moldar em outro lugar os elementos longitudinais e depois transportá-los.

Para ter peças pré-moldadas perfeitas, fazem-se gabaritos ou moldes com os tamanhos das peças; esses moldes são muito simples e normalmente de madeira, como mostra a Fig. III-35 e a Fig. III-36. O molde é colocado no chão sobre uma fina camada de areia previamente alisada, para depois dispor dentro dele os tijolos nas posições determinadas por molduras, como mostra a Fig. III-36. Essas molduras, de seção trapezoidal de 12/8 mm. x 6 mm., vide Fig. III-36, têm posições bem determinadas pelas ranhuras nas laterais do quadro do gabarito, a sua face inferior se apoia na areia. A finalidade dessas molduras trapezoidais, além de posicionar os tijolos, é a de deixar uma junta reentrante entre os tijolos, evitando assim que a massa avance por debaixo da face inferior sujando o lado visível do tijolo. Para saber se os tijolos estarão todos na mesma distância, e os pré-moldados não tenham extremos A ou extremo B, ao fazer os dois largueiros do gabarito se confrontam as ranhuras dos mesmos e logo se gira um largueiro e se volta a confrontar as ranhuras e todas devem coincidir.

O exato comprimento dos pré-moldados surge do comprimento do elemento cerâmico que vai ser utilizado. Faz-se um teste prévio com a cerâmica para fazer o gabarito.

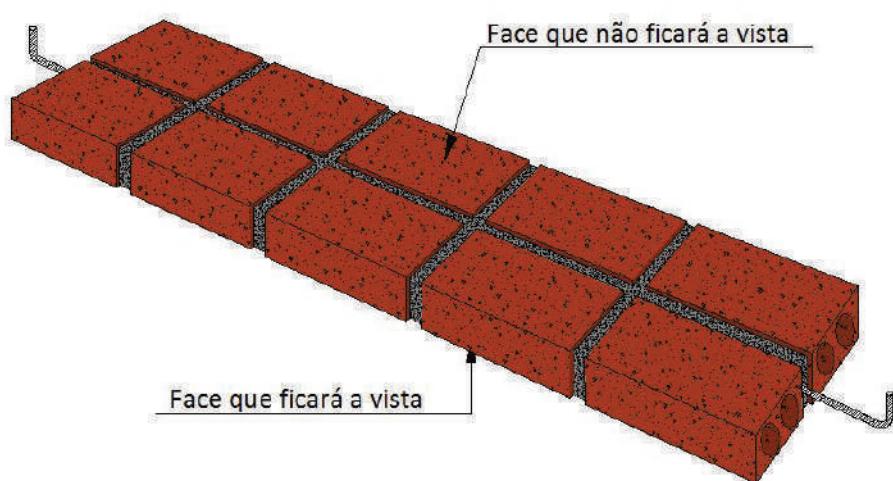


Fig. III-35. Elemento linear pré-moldado de tijolo. (*-5).

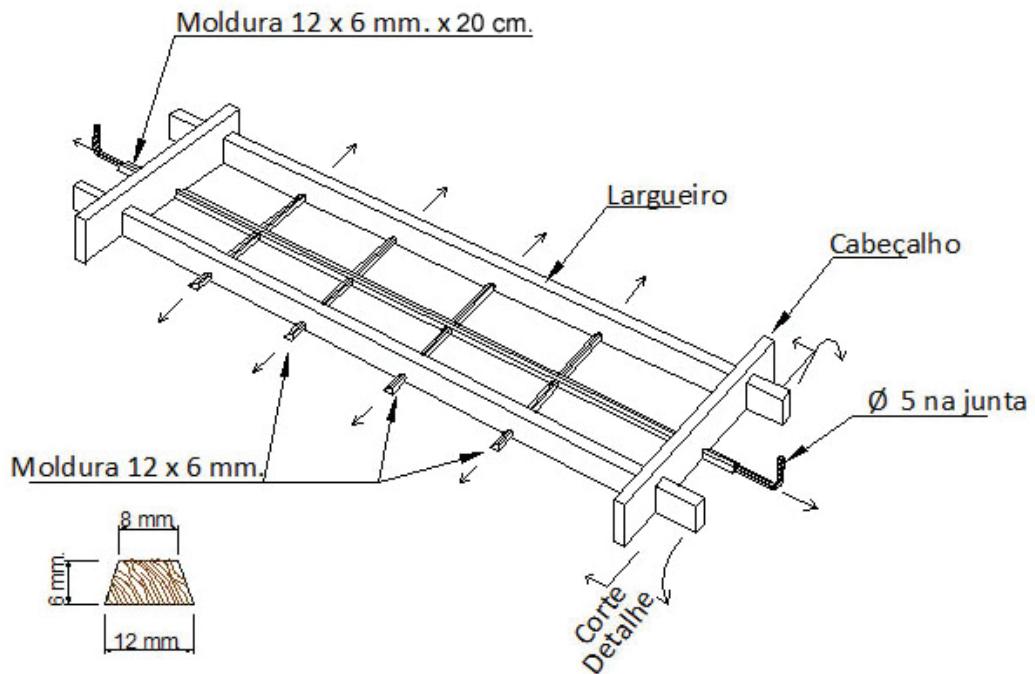


Fig. III-36. Gabarito para pré-moldagem. (*-5).

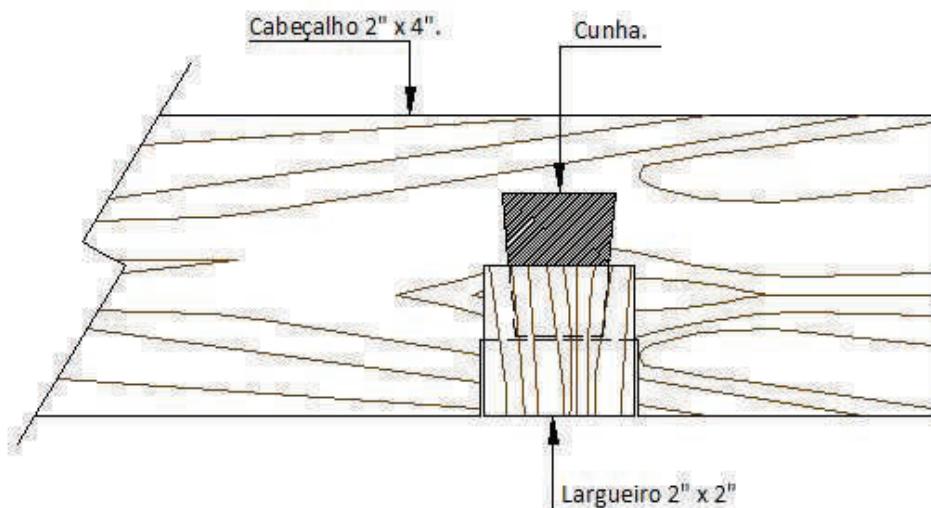


Fig. III-37. Detalhe de ajuste do cabeçalho com o largueiro. Corte transversal. (*-5).

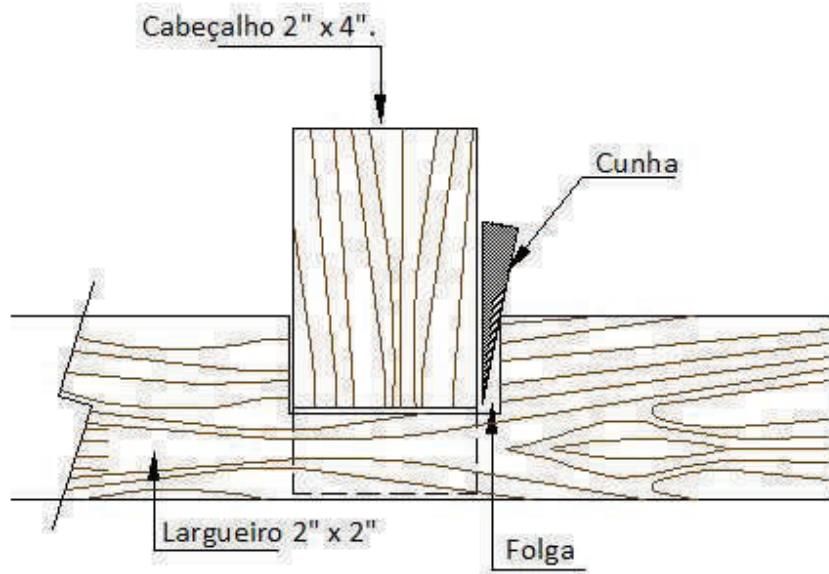


Fig. III-38. Detalhe de ajuste do cabeçalho com o largueiro. Corte longitudinal. (*-5).

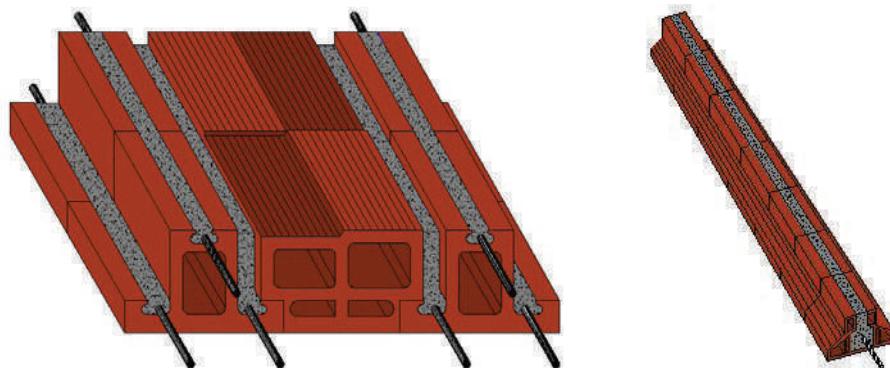


Fig. III-39. Laje Pré-moldada tradicional toda em cerâmica. (*-5).

Fig. III-40. Outro tipo de vigota pré-moldada para laje. (*-5).

Os tijolos devem estar previamente imersos em água durante não menos de uma hora, para assegurar uma perfeita aderência da argamassa de cimento ao tijolo. Esta argamassa que se usa para o enchimento das juntas que unem os tijolos, faz-se de areia média e cimento, 3x1 sem aditivos (acelerantes, plastificantes, etc.), pois corroem as armaduras. Na junta longitudinal central do pré-moldado coloca-se uma armadura de ø5 mm, em todo o comprimento da peça com saliências nos extremos a determinar. Quando se usam tijolos especiais, no caso das lajes pré-moldadas, como os das Figs. III-39 e III-40, colocam-se armaduras de ø 5 mm (CA 60) dentro

das ranhuras baixas, a cada lado do tijolo, e se tiver ranhura em cima também se coloca ø 4.2 mm. Voltando a nossa pré-moldagem, quando a argamassa adquire uma consistência adequada, isto é, de 5 a 10 minutos, são retiradas as molduras, puxando-as para o exterior, posteriormente se afrouxam as cunhas, retiram-se os cabeçalhos e logo após os largueiros; o gabarito (molde) se abre para as laterais, passando a ser reutilizado numa nova posição ao lado da anterior. Quanto às molduras, a primeira a ser retirada com cuidado é a do meio e, logo após, as laterais. Abre-se o gabarito depois que é retirada a última moldura. No outro dia, as peças pré-moldadas devem ser

retiradas para desocupar a pista. Para isso, os pré-moldados são colocados de canto como se mostra na Fig. III-44, oportunidade em que se retiram algumas rebarbas que ficaram por acaso. Na posição de canto, são transportadas ao lugar destinado ao estoque e endurecimento definitivo, levando no mínimo 15 dias para serem colocadas na estrutura.

Tais operações são repetitivas, e se consegue sem esforço uma boa produtividade. Verificou-se sobre uma média de muitos casos que, em todo o ciclo de fabricação das peças, emprega-se 0,44 h. homem/m² de superfície pré-moldada. Como se constata, tem-se

utilizado material de baixo custo e muito pouca mão de obra.

O tamanho da pista de pré-moldagem, como mínimo, deve ter uma área equivalente à produção de um dia. Por razões de segurança, convém que admita a produção de 2 (dois) dias. A estocagem se fará em diversos lugares da obra, preferentemente o mais perto da montagem, com o número de peças necessárias ao lugar. Outra recomendação é que, antes de fazer os pré-moldados, escolham-se os tijolos que não tenham trincas, fissuras, ou seja, mal queimados, etc.



Fig. III-41. Pré-moldado com 7 tijolos especiais com 105 de c/lado e 104 na ranhura superior. A face que ficará à vista fica para baixo na moldagem. (*-5).

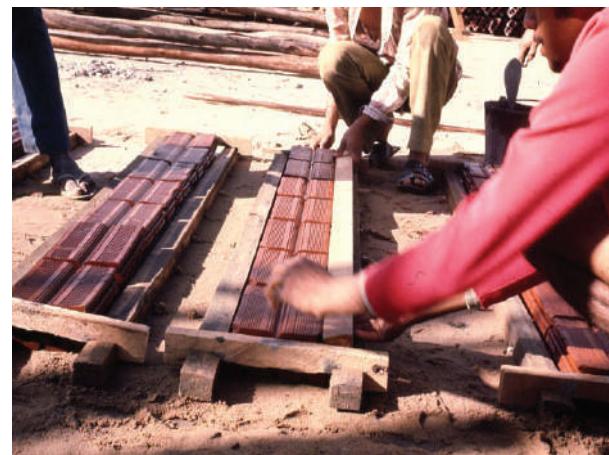


Fig. III-42. Idem figura anterior, molde simples de engatar. (*-5).



Fig. III-43. Pré-moldado com 12 tijolos especiais A=205, E= 104, comp.=2,85 m. Estocagem ao fundo na foto. (*-5).



Fig. III-44. Pré-moldado com 7 (x2) tijolos comuns de 2 furos, 1,75 de comprimento, à esquerda; o estoque à direita colocados de canto, na primeira hora da manhã para serem limpos das rebarbas da face que ficou para baixo na moldagem. (*-5).



Fig. III-45. Estocagem sob a futura cobertura, repartido segundo as necessidades. (*-5).



Fig. III-46. Pré-moldagem no canteiro de obra, na primeira hora da manhã. (*-5).



Fig. III-47. A pré-moldagem é feita sobre o contrapiso da obra. (*-5).

4.2 - OS CIMBRES GUIAS (CAMBOTAS)

Como já vimos estes cimbres dispensam formas maiores, em geral, fazem-se com madeira sobrante das formas da obra. Conforme se observa nas ilustrações, são muito simples de fazer na própria obra. Paralelamente à realização dos pré-moldados, fazem-se os cimbres-guias para sua posterior utilização como diretrizes e apoio para a montagem dos elementos pré-moldados. Os cimbres-guias (cambotas) serão reutilizados reiteradas vezes quando são curvos, como no caso das abóbodas, e será necessário como mínimo um jogo de duas cambotas por canhão. Para sua movimentação manual, é necessário que sejam

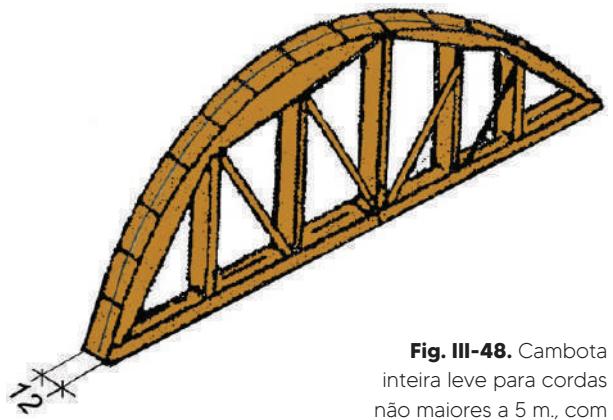


Fig. III-48. Cambota inteira leve para cordas não maiores a 5 m., com 12 cm. de largura. (*-5).

leves e indeformáveis, pelo qual se fazem treliçadas com o formato da curva da abóboda (Fig. III-48). Se a corda do arco da abóboda é maior do que 5 m., para diminuir seu peso, divide-se a cambota em duas partes ou mais partes, segundo Fig. III-54.

O peso das cambotas não deve ser superior à força braçal de 4 operários, para que eles possam movimentá-la. Existem casos de obras em que a empresa construtora dispunha nesse momento de um ou vários guindastes móveis. Para agilizar e dar rapidez à obra se fizeram cambotas inteiras, isto é, não importando o peso. (vide Fig. III-51).

Muitas vezes, decide-se não usar cambotas de 12 cm. de espessura, como já se falou, mas sim cambotas de 35 cm. de espessura, ou seja, aumentar o suficiente para aceitar o comprimento de um tijolo

comum ou o comprimento de uma plaqeta tirada da base de um tijolo especial furado, segundo o detalhe (Fig. III-49).



Fig. III-49. Cambota separada para pôr sobre ela mais um tijolo comum ou uma plaqeta tirada do tijolo especial. Com isso, aumenta a separação entre cambotas e permite fazer um arco transversal de reforço, mais resistente. (*-5).

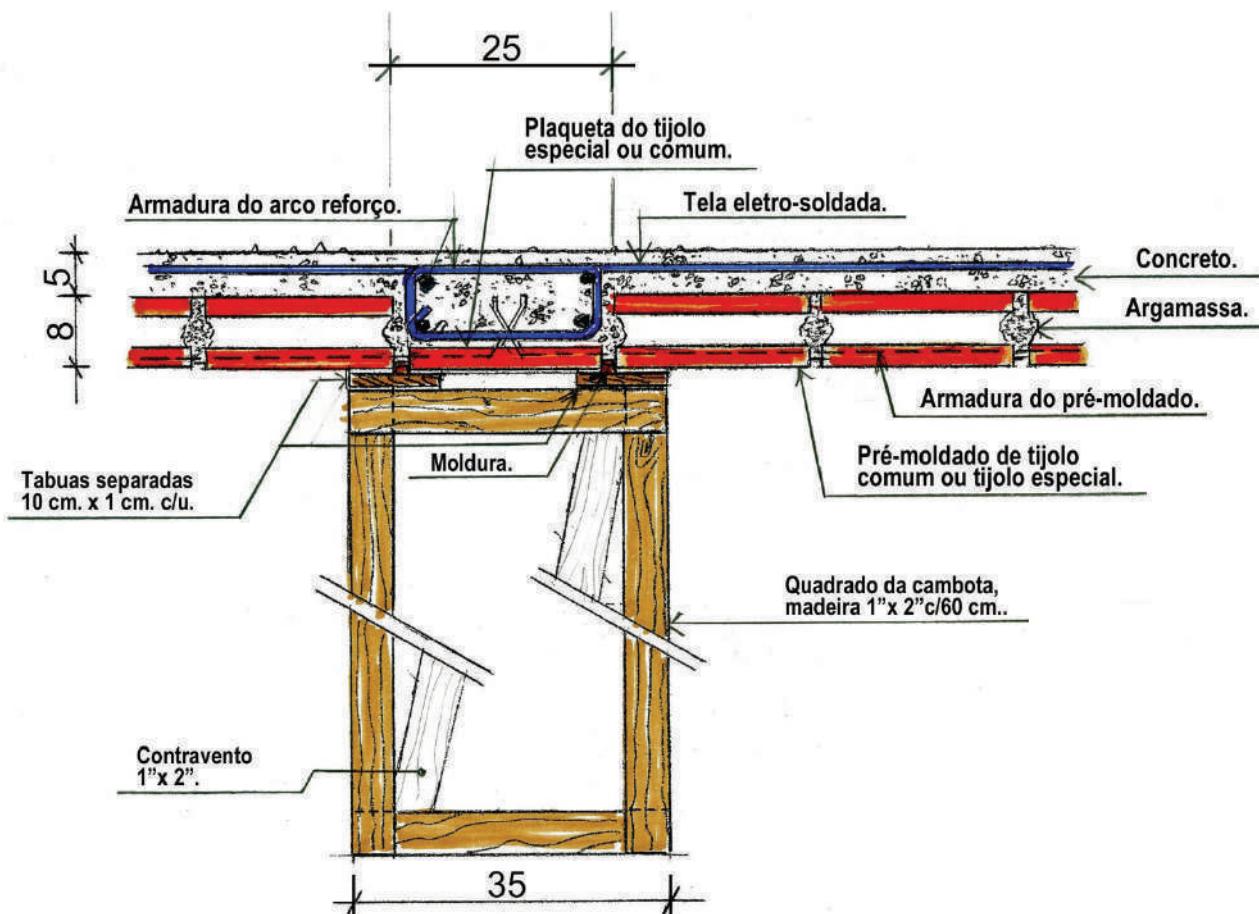


Fig. III-50. Detalhe de "Cambota Separada" e arco de reforço transversal. (*-5).

Se nós triplicarmos a espessura da cambota, o seu peso triplicará, por isso se faz como mostra o desenho, na Fig. III-50. Observam-se as plaquetas dos tijolos colocadas sobre a cambota onde vai ser feito o nervo reforçado. Também ao aumentar em cada cambota um tijolo, ou seja, aproximadamente 25 cm, aumenta a área da cambota em cada operação de montagem. Tomamos por exemplo nossas vigotas que nos permitem colocar nossas cambotas separadas por 1,75 m. Se colocarmos as mesmas a 2,00 m, estaremos aumentando a nossa área coberta por dia em 14%, já é bastante!



Fig. III-51. Mostra um guindaste móvel colocando a cambota. Será sustentada até que seja escorada e travada com as outras. (*-5).



Fig. III-52. Guindaste movimentando a cambota especial do inicio. (*-5).

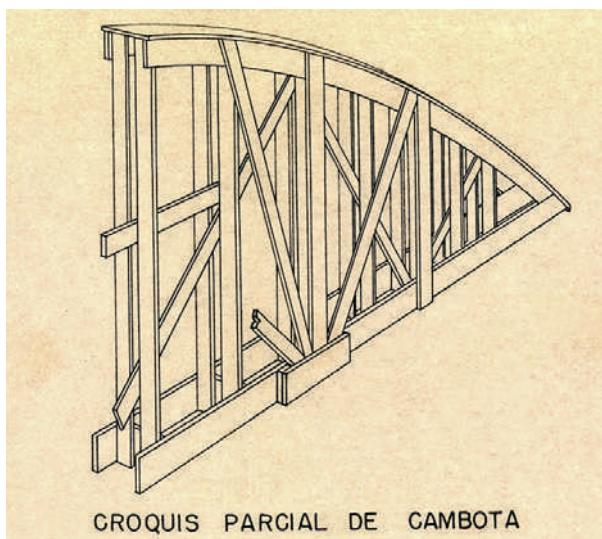


Fig. III-53. Cambota pesada movimentada com guindaste (Fig. III-51) 10 m. de corda. (*-5).



Fig. III-54. Nesta obra, usaram-se cambotas divididas. Nota-se, no chão, o quadro da cambota e algumas quase prontas. (*-5).

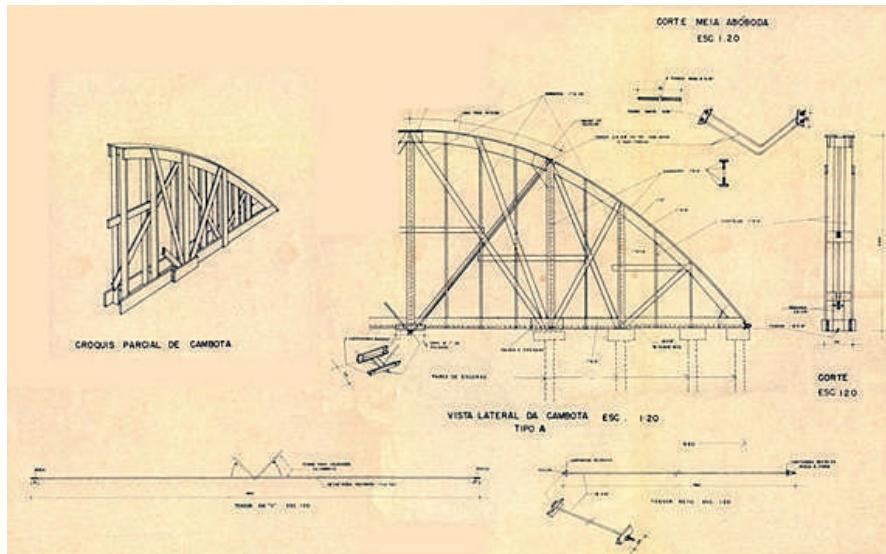


Fig. III-55. Cambota com 10 m. de corda movimentada com guindaste, já se indica a posição das escoras. (*-5).



Fig. III-56. Cambotas divididas em duas para dar leveza, com corda de 12 m. Apomedil - Lajeado/RS. (1975). (*-5).



Fig. III-57. Corda de 12 m., vão longitudinal 36 m., Apomedil - Lajeado/RS. (1975). Esta cambota "Separada" é mais larga para que se possa pôr sobre ela só o fundo do tijolo especial e fazer um arco reforçado como o do detalhe (Fig. III-50). (*-5).



Fig. III-58. Cambotas divididas em duas para dar leveza, e separada fica mais larga para fazer o arco de reforço transversal maior e mais resistente (vide detalhe Fig. III-49). (*-5).

Em função de que a maior parte das vezes a madeira utilizada não tem custo porque é sobrante das formas dos pilares, etc., fazem-se muito mais cambotas além do número mínimo de cambotas que

é duas por abóboda (Figs. III-62 e III-63). Isso dá mais rapidez à construção.

4.2.1 – A curva

Qual a curva correta para as cambotas? A *catenária* é a curva correta, melhor, a *anticatenária* que é a inversa. A catenária é a curva que forma uma corrente pendurada em seus extremos. Essa corrente terá, em seu estado de equilíbrio, todos seus elos em tração, se considerarmos a curva inversa, ou seja, na

anticatenária todas suas partes estão em compressão. Para tanto, é necessário que isto aconteça, porque na montagem das abóbodas, quando se retiram as cambotas no dia seguinte, a abóboda incipiente não tem condições de suportar esforços de tração, digamos, a abóboda só de tijolo está “verde” ainda.

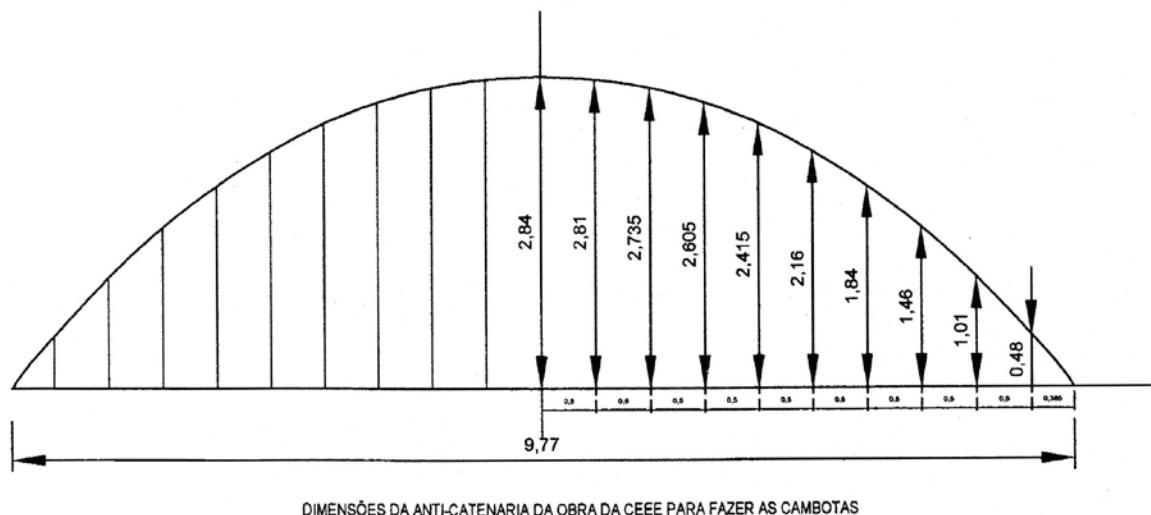


Fig. III-59. (*-5).

(Mais adiante veremos como se obtém a *anticatenária* com o cálculo exato).

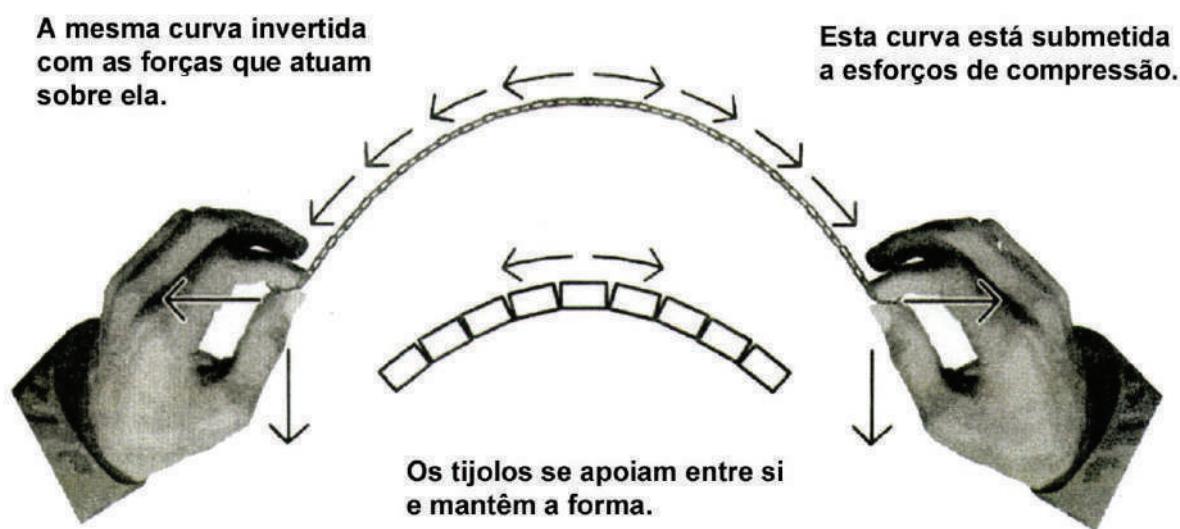


Fig. III-60. A catenária é a curva de uma corrente sustentada nas pontas. (*-5).

A CURVA CATENARIA.



A corrente sustentada
por ambas mãos está
submetida a forças de tração.



Esta curva está submetida
a esforços de compressão.

Fig. III-61. A catenária. (*-1).

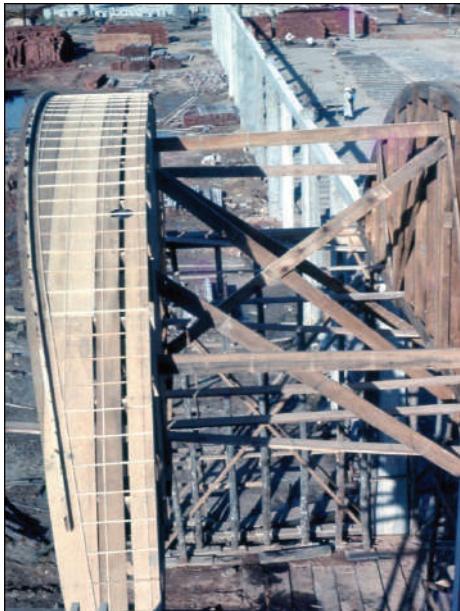


Fig. III-62. No extremo do canhão da abóboda, na última cambota, faz-se um desenho diferente da borda da abóboda. Esse desenho pode ser um aditivo a uma cambota comum, que é acrescentado no momento que precisar. Ou pode ser uma cambota que se usa somente nos extremos da sequência. (*-5).



Fig. III-63. Dada à simplicidade das cambotas feitas com sobrante de madeira, fazem-se muitas para dar rapidez à obra. Este exemplo, 2000 m², feito (montado e terminado) em 1 mês e 1 semana. (*-5).



Fig. III-64. Nesta figura, a cambota extrema é especial e as outras são chamadas de “cambotas separadas” (Fig. III-50). (*-5).

5

A MONTAGEM

AVANÇO FRONTAL

Os sistemas construtivos derivados do sistema com “Pré-moldados longos reguados e cimbres guias (sistema P e C)” é o caso do “Sistema industrializado de cerâmica”, e ainda do “Sistema industrializado

com lajes longas de concreto”, têm uma sequência de montagem das abóbodas muito similar ao que veremos à continuação.

1º PASSO DA MONTAGEM – COLOCAÇÃO DE VALES ESCORADOS

Para começar o 1º passo, precisamos ter previamente todos os pilares e o contrapiso de concreto terminado debaixo do que vai ser a abóboda pronta. Montar todos os vales com tábuas escoradas como estão na Fig. III-65 e nos detalhes Fig. III-67 e Fig. III-68. Nos vales sobre as tábuas devem ser pregadas

ripas para marcar as juntas entre tijolos. Quando se conhece o tijolo que vai ser usado nos planos da obra já se pode desenhar a posição dos mesmos. Observamos a Fig. III-65 que, nos vales dos extremos, tem escoras inclinadas.

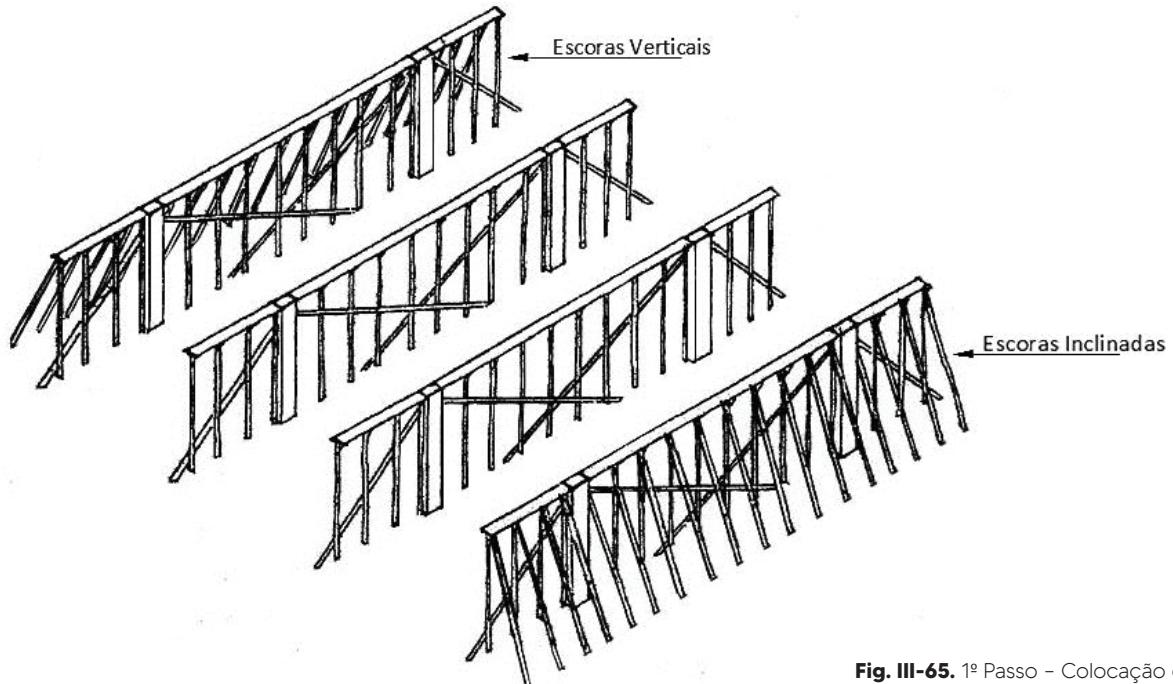


Fig. III-65. 1º Passo – Colocação dos vales com tábuas escoradas. (*-5).



Fig. III-66. Apomedil Mercedes – Lajeado/RS. (1975).
Esta figura mostra o começo do escoramento,
numa época em que praticamente não se usavam
as escoras e andaimes metálicos. (*-5).

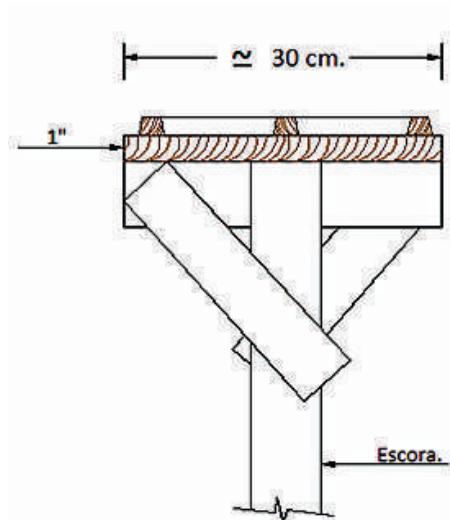


Fig. III-67. Detalhe de vale entre as
abóbadas com molduras para as
juntas à espera para colocação dos
tijolos e dos pré-moldados. (*-5).

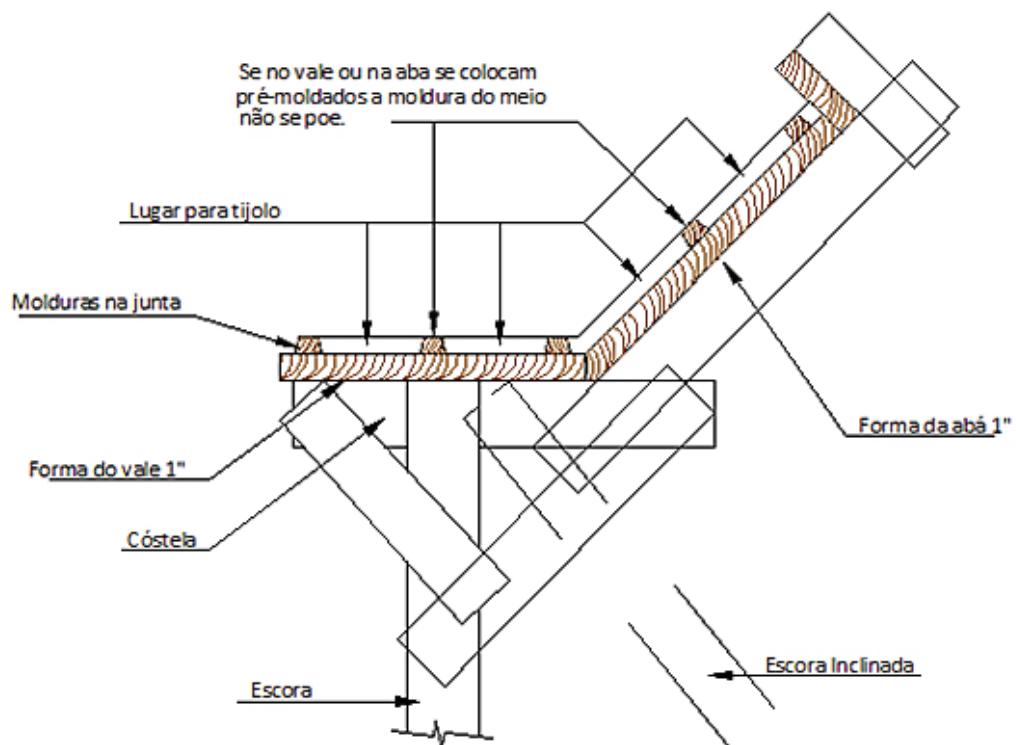


Fig. III-68. Detalhe do último vale
com aba inclinada, e ripas para
posicionar os tijolos. (*-5).

2º PASSO DA MONTAGEM - COLOCAÇÃO DOS TIJOLOS NAS ABAS, TIJOLOS NOS VALES E COLOCAÇÃO DE TENSORES FROUXOS

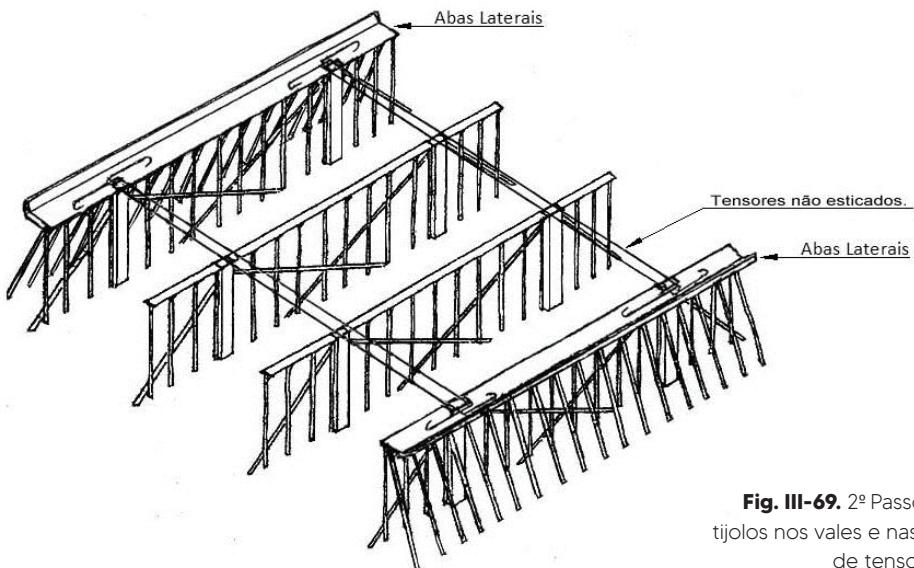


Fig. III-69. 2º Passo – Colocação de tijolos nos vales e nas abas. Colocação de tensores frouxos. (*-5).

Nesta etapa, colocam-se os tijolos nos vales entre abóbodas e, nos vales extremos laterais, ou seja, nas abas (Fig. III-68), colocam-se os tensores que devem ficar frouxos. Após, devem-se concretar as abas laterais antes do 5º passo. Durante a montagem,

a segurança ao empuxo horizontal está dada pelas escoras inclinadas e pelas abas laterais e não pelos tensores. Depois de liberadas totalmente as abóbodas autoportantes, o que sustenta todos os esforços horizontais são as abas e os tensores.

3º PASSO DA MONTAGEM - COLOCAÇÃO DE JOGO DE 2 CAMBOTAS POR ABÓBODA

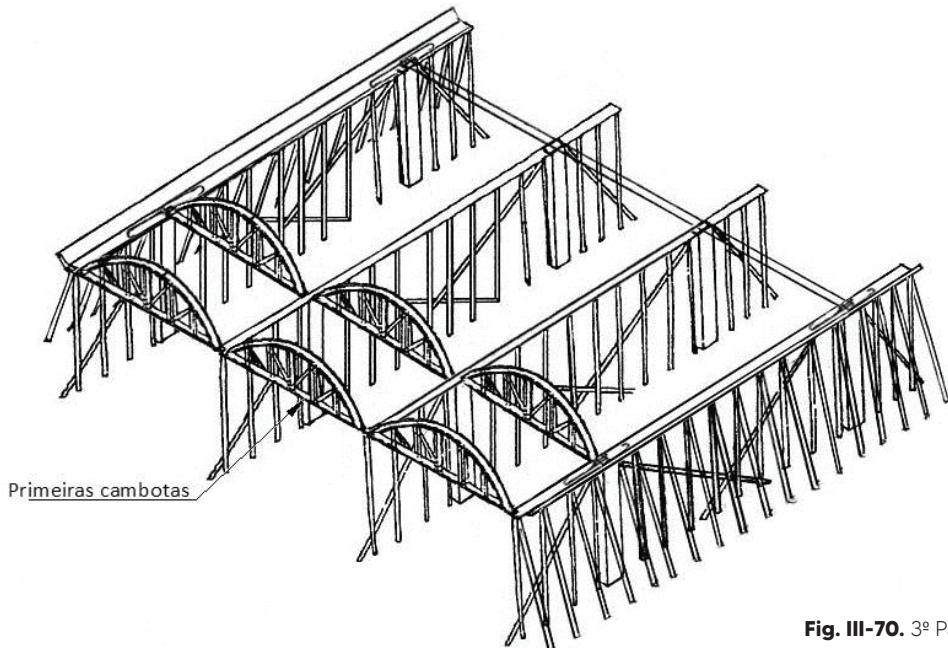


Fig. III-70. 3º Passo. Colocação das primeiras cambotas. Avanço frontal. (*-5).



Nesta etapa, mostra-se a colocação em toda a largura da frente, um conjunto de no mínimo 2 cambotas por abóboda. Por serem as cambotas muito econômicas, em geral, usam-se 3 cambotas por abóboda. Esta maneira de avançar na montagem das abóbodas chamamos “frontal”. Mais adiante veremos a modalidade de avanço lateral. Nas cambotas, põem-se tantas escoras quanto forem necessárias (2 ou 4). No meio do vão se deixará uma separação maior entre as escoras para permitir a circulação de pessoas e material. Deve se concretar, preferentemente, as abas laterais na sua parte horizontal para ancorar os tensores.

Fig. III-71. Quando a corda é grande, neste caso 12 m, divide-se a cambota em 2 partes. Mercedes-Benz Lajeado/RS (1975). (*-5).

4º PASSO DA MONTAGEM - COLOCAÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS

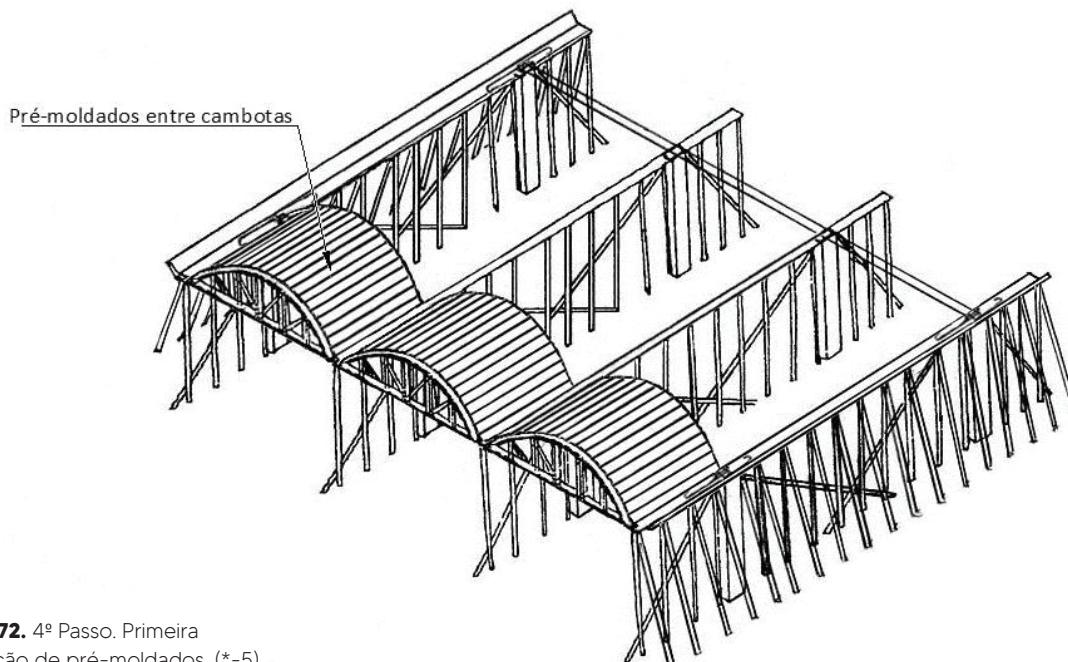


Fig. III-72. 4º Passo. Primeira colocação de pré-moldados. (*-5).

Nesta etapa, são colocados os pré-moldados de tijolo como os da Fig. III-25 ou III-35 que se apoiam entre cambotas, como as vistas no passo anterior (Fig. III-71, III-74, III-75). No mesmo dia, preenchem-se as juntas entre os pré-moldados e nos vales

(Fig. III-76, III-77), e se completam com armaduras as abas extremas, preenchendo-as com concreto de ponta a ponta na sua parte horizontal. No resto não se preenche nada. Esta como todas as etapas, devem ser feitas em 8h de trabalho.



2 Figs. III-73. Avanço frontal com 2 cambotas por abóboda. Neste caso, as cambotas são chamadas “separadas”, o que permite colocar sobre elas, uma plaqueta tirada do tijolo especial usado, fazer um nervo transversal e avançar um plus a mais por dia. (*-5).



Fig. III-74. Colocação dos pré-moldados. A montagem se faz com dois operários e o peso do pré-moldado deve ser leve, inferior a 50 kg. (*-5).



Fig. III-75. Junta em obra. Entre os pré-moldados colocados fica uma separação que deve ser preenchida (*-5).

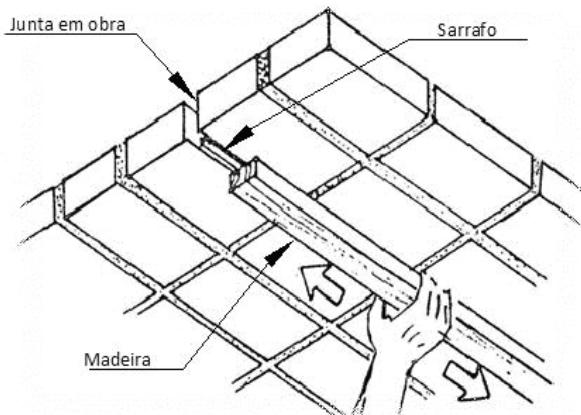


Fig. III-76. Preenchimento da junta em obra. Por baixo, coloca-se uma madeira (por alguns minutos) um pouco mais curta que a distância entre cambotas, complementada por cima com um sarrafo sobressalente nas pontas que engancha nas cambotas, mas permite fazer o movimento de vai e vem, permitindo também a retirada da madeira com sarrafo. (*-5).



Fig. III-77. Colocação dos pré-moldados. Por cima o enchimento das juntas se faz com argamassa (C/A) normal, com colher. (*-5).

5º PASSO DA MONTAGEM – PRIMEIRA TROCA DE CAMBOTAS

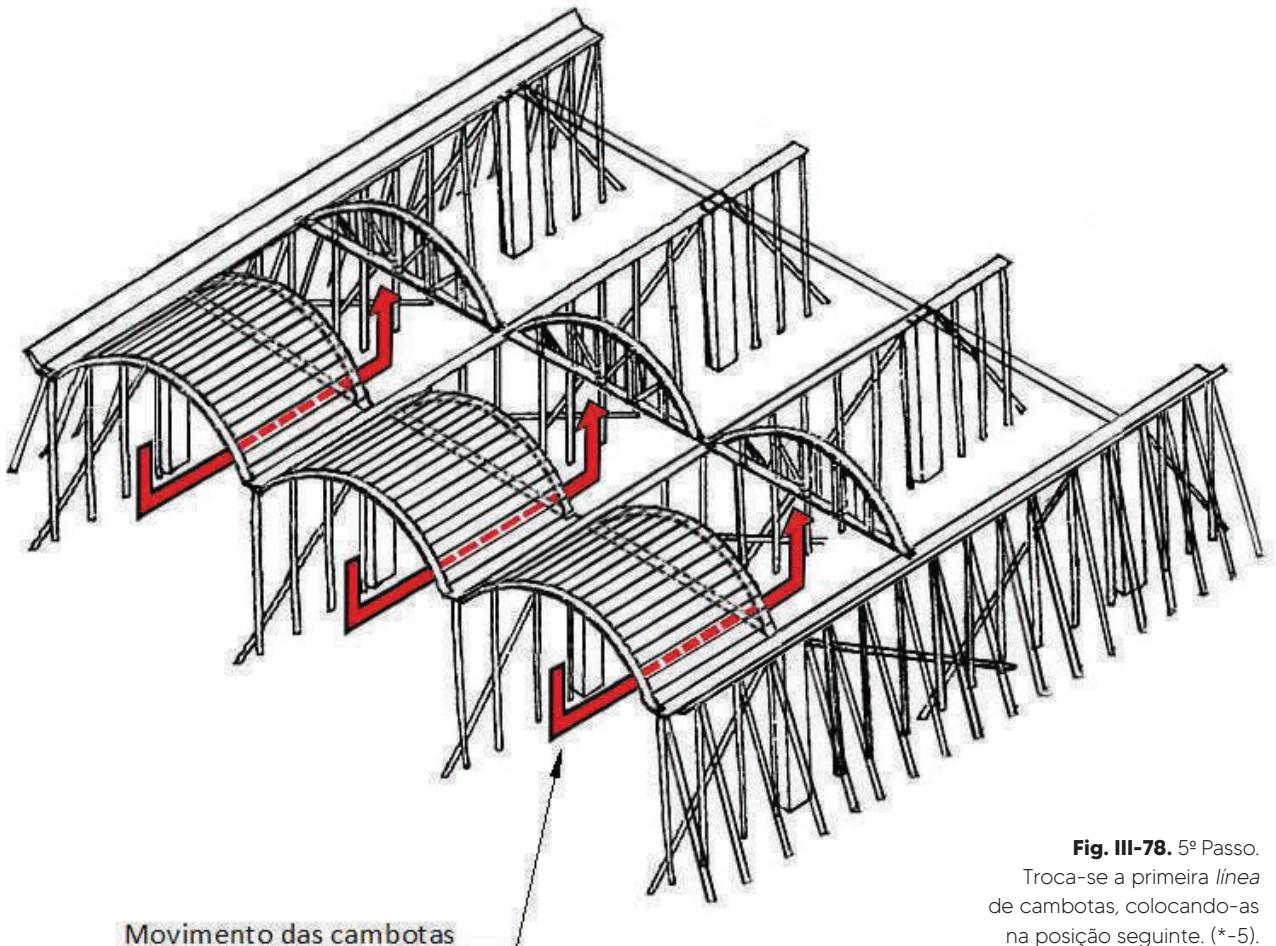


Fig. III-78. 5º Passo.
Troca-se a primeira linha
de cambotas, colocando-as
na posição seguinte. (*-5).

No outro dia, cedo, feitas as previsões necessárias para esta operação, o próximo passo é esticar (não tensar) a primeira dupla de tensores, juntando no meio dos vãos com dois anéis soldados no lugar. Deslizando os anéis um para cada lado, se esticam os tensores. Cuidado, não feche os vales!

Em continuação, baixam-se as cambotas da frente, as quais devem passar por debaixo das outras combotas escoradas, que ficaram no lugar, e se colocam na posição seguinte, na distância marcada, como mostra a figura. Depois de feitas essas tarefas, procede-se imediatamente a colocar os pré-moldados e preencher as juntas entre eles, como se fez no passo 4º. Tudo isto deve ser feito em 1 dia de trabalho para que, no outro dia, após aproximadamente 12h, com o material endurecido suficientemente, possa-se voltar a fazer a mesma operação: retirar e trasladar as cambotas que

correspondem. É uma operação repetitiva todos os dias. Serão retiradas as combotas da frente uma a uma e recolocadas uma a uma na próxima posição. Depois, quando a abóboda dos pré-moldados ultrapassar a metade da distância que separa o conjunto de tensores, inicia-se a esticar o 2º grupo de tensores (cuidado não esticar demais).

6º PASSO DA MONTAGEM - ÚLTIMA CAMBOTA - COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS

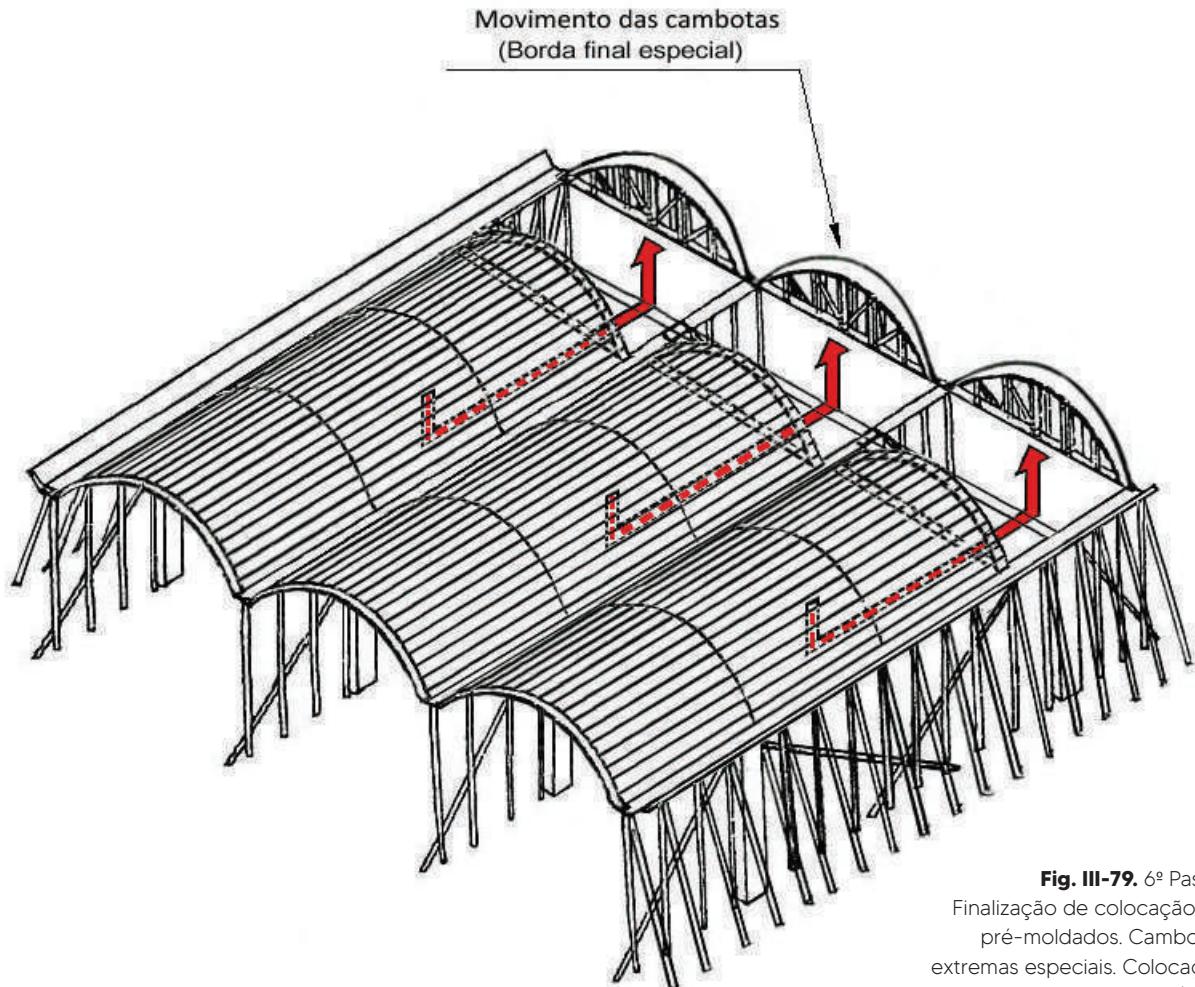


Fig. III-79. 6º Passo.
Finalização de colocação de
pré-moldados. Cambotas
extremas especiais. Colocação
de armadura. (*-5).

Repetido o passo anterior até chegar à borda final da cobertura, como mostra esta figura, procede-se a realizar esta importante etapa: fazer a penúltima esticada dos tensores e proceder à colocação das armaduras sobre toda a cobertura. As armaduras a serem colocadas são diversas (elas cumprem funções diferentes): as armaduras de distribuição de esforço efetuado por malhas eletrosoldadas. Nos vales e sobre as colunas, colocamos malhas duplas (Fig. III-81). As armaduras com aço CA 50-60 são para esforços de tração dos momentos; as armaduras CA 120-140 se utilizam quando a abóboda é protendida (Figs. III-80, III-81).

Falando nas primeiras e nas últimas cambotas, lembramos que podem ter uma borda diferente, segundo o desenho (Fig. III-82).



Fig. III-80. Armaduras de uma aba extrema lateral, armaduras de repartição e armaduras de espera de um pilar. (*-5).



Fig. III-81. Armaduras já colocadas e primeira concretagem, vales, nervos e bordas. Neste caso o avanço é lateral. (*-5).



Fig. III-82. Cambota especial de extremo. No extremo do canhão da abóboda, na última cambota, faz-se um desenho diferente da borda da abóboda. Este desenho pode ser um aditivo a uma cambota comum que seja acrescentado no momento em que precisar. Ou pode ser uma cambota que se usa apenas nos extremos da sequência. (*-5).

7º PASSO DA MONTAGEM - CONCRETAGEM

Caso as cambotas não forem utilizadas imediatamente em outras coberturas, deixam-se, no lugar, as duas últimas fileiras de cambotas. Isto é uma pequena ajuda na segurança das etapas seguintes.

Nesta etapa, colocamos sobre todas as abóbodas uma camada de concreto com brita fina, da espessura indicada pelo projeto estrutural, que normalmente oscila entre 3 e 5 cm. Na medida em que se coloca

o concreto, vai-se desempenando a superfície ou se deixa para desempenar posteriormente (Fig. III-87). Quando a abóboda é protendida, devem ser feitas outras tarefas, prévias ou posteriores – mas isso depende do sistema de protensão usado. Durante a colocação do concreto sobre as abóbodas, devem-se revisar as cunhas das escorras da madeira ou ajustar as escorras quando forem metálicas.

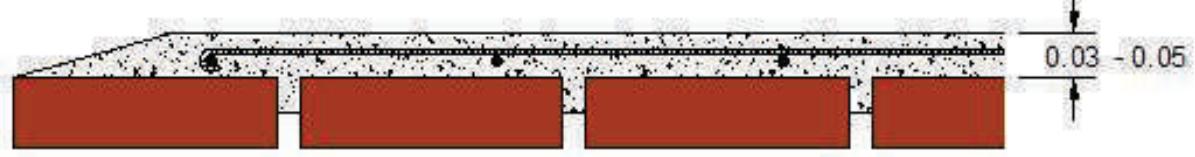


Fig. III-83. Borda de tijolo em toda a frente da abóboda. (*-5).

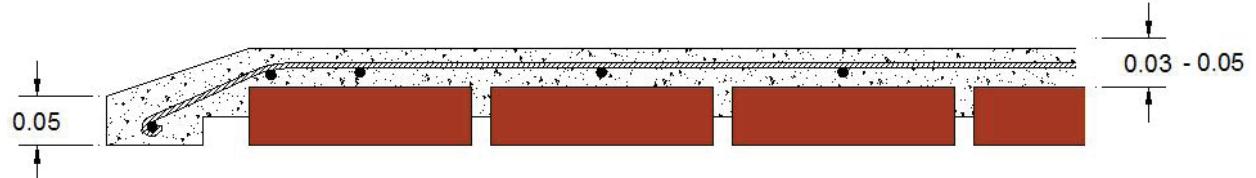


Fig. III-84. Borda de material toda a frente da abóboda. (*-5).



Fig. III-85. Exemplo de avanço lateral, as anteriores já têm armaduras. (*-5).



Fig. III-86. Neste caso, a corda é muito grande, (12 m.), é uma abóboda de simples curvatura e se faz previamente o enchimento dos arcos, reforços transversais. (*-5).



Fig. III-87. Exemplo de acabamento com camada fina desempenada. (*-5).



8º PASSO DA MONTAGEM - TENSAR OS TENSORES

Nesta etapa, deixam-se os tensores na sua tensão definitiva, procedendo como no passo 5º, cuidando para não ultrapassar os limites do bom senso.

Fig. III-88. Mostra a forma de tensar. (*-5).

9º PASSO DA MONTAGEM – RETIRADA DE TODAS AS CAMBOTAS

Nesta etapa, retiram-se todas as cambotas, ficando escorados os vales e as abas. A efeito dos esforços horizontais, já sejam por empuxos, por efeito do vento ou por cargas excêntricas, podemos dizer que a abóboda está terminada.

Com referência à viga autoportante em asa de gaivota, não podemos dizer o mesmo, pois o tempo necessário para entrar em funcionamento é maior.

10º PASSO DA MONTAGEM – LIMPEZA DAS ABÓBODAS POR BAIXO E ARREMATES

Esta limpeza se pode ir fazendo na medida em que a cobertura vai avançando e vão sendo retiradas as cambotas. Com a retirada de todas as cambotas se consegue fazer o acabamento da borda da cobertura. O primeiro que se faz, com um andaime móvel,

preferentemente tubular com rodas, é a limpeza das rebarbas e das manchas por baixo e nas bordas das abóbodas. Por cima da abóboda se procede a pintura da mesma com tinta emborrachada impermeabilizante, de cor branca, preferentemente.



Fig. III-89. Sobre um andaime móvel, o operário está limpando as rebarbas e consertando trincas. Observe que os vales ainda estão escorados e só serão revisados e limpos após a liberação total da cobertura. (*-5).



Fig. III-90. Neste caso, a abóboda foi impermeabilizada com manta asfáltica e acabamento de alumínio gofré. (*-5).



2 Figs. III-91. Cobertura pintada de branco com tinta emborrachada, impermeabilizante. (*-5).

A cor branca sobre a cobertura é fundamental para a estrutura, porque reflete os raios de sol, isola termicamente, favorece a um microclima agradável

e reduz os movimentos da estrutura por efeitos térmicos e evita fissuras.

11º PASSO DA MONTAGEM - RETIRADA DAS ESCORAS DO VALE E FIM DA LIMPEZA

Depois de feita a camada de concreto, passadas 3 ou 4 semanas, segundo o tipo de cimento usado, procede-se à retirada das escoras.

Deve começar-se pelas escoras do meio do vão longitudinal do canhão e ir avançando para os dois lados no sentido dos pilares. Se estivermos em um balanço a dica é retirar as escoras, começando pelo extremo do balanço avançando para o pilar. Feitas tais operações, a cobertura fica liberada para revisão total e limpeza final, principalmente

dos vales. Se a tecnologia foi bem utilizada, se o controle de obra visou à perfeição, o resultado será uma “obra-prima”.

Dada a versatilidade do sistema construtivo (P. e C.), esta sequência lógica dos onze (11) passos da montagem é comum numa obra que está sendo feita à risca. O diretor da obra, que ainda está fazendo outras tarefas na obra, poderá, segundo a conveniência, deslocar parte do pessoal para apressar atividades.

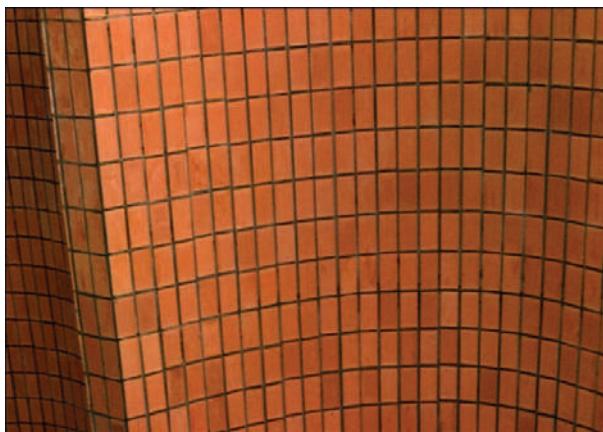


Fig. III-92. Nesta imagem, observa-se que a abóboda foi limpa, mas o vale ainda tem algumas natas de cimento que serão limpas. Os acabamentos devem ficar perfeitos. (*-5).



Fig. III-93. Abóbadas onde recém foram retiradas as escoras, com alunos visitantes. Observe que, neste caso, o desempenado final foi deixado para os últimos arremates, o mesmo que as bordas. (*-5).

6

EXEMPLO DE UMA OBRA COMUM ACABADA

À continuação, colocamos um exemplo de uma obra comum, cuja cobertura toda foi feita com abóboda autoportante com tijolo à vista. Esta obra

não tem nada de singular, o pé direito é o normal, mas tem um bom acabamento.

ESCOLA FAZENDÁRIA - CANASVIEIRAS/SC (1979)



2 Figs. III-94. Grandes vãos e excelente acabamento. (*-5).



Fig. III-95. Passarela cuja abóboda é uma elipse. (*-5).



Fig. III-96. Pátios internos. (*-5).



Fig. III-97. Hall de exposição. (*-5).

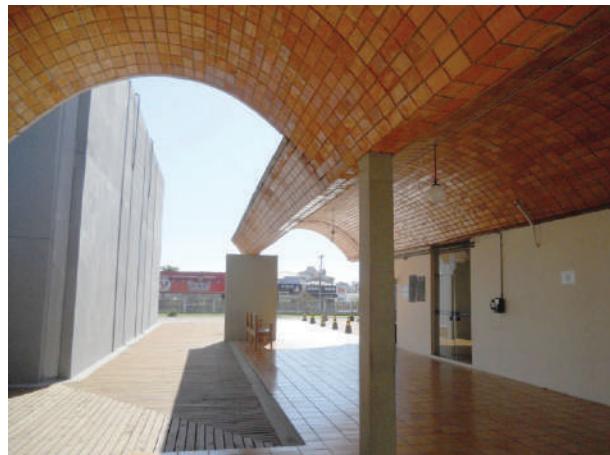


Fig. III-98. O contraste do reto com a curva. (*-5).



Fig. III-99. Cambota simples. Pode ver-se a singeleza da cambota. (*-5).



Fig. III-100. O autor inspecionando a obra. Observa-se que a junta dos pré-moldados na abóboda da esquerda está preenchida; na da direita, ainda não. (*-5).

7

TIPOS DE AVANÇOS DE OBRA

7.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A MOVIMENTAÇÃO DAS CAMBOTAS

Uma vantagem econômica extraordinária que oferece este método construtivo de abóbodas é a de poder retirar uma cambota, a que está atrás, passando-a para a frente e continuar a montagem “*ad infinitum*”, isto em cada abóboda, com apenas um jogo de duas cambotas por abóboda (Fig. III-72 e III-79).

A estabilidade desta abóboda, que tem um extremo, foi liberada ao ser retirada uma cambota no dia seguinte, como mostra a Fig. III-78, deve-se a que ela passa a comportar-se como um arco com esforços de compressão apoiada nos vales laterais. Por ser a

curva da abóboda uma *anticatenaria*, a retirada da cambota se pode fazer em 8h. após o rejuntamento entre os elementos pré-moldados. Acrescenta-se à estabilidade da construção o fato de que no outro extremo há uma cambota ainda colocada que não deixa deformar-se a curva.

É necessário lembrar que os elementos pré-moldados, que trabalhavam a flexão na hora da colocação, agora são aduelas transversais do arco em compressão. Podemos afirmar pela prática que, já no outro dia, é possível o trânsito dos operários sobre a abóboda.

7.2 - ALTERNATIVAS DE AVANÇO DA OBRA

Com este sistema construtivo de “pré-moldados e cimbres guias” (P. e C.), há uma flexibilidade grande para usar diversas alternativas de avanço de obra. Resumidamente, podemos dizer que se parte de duas opções básicas, a que avança seguindo os eixos das abóbodas, e a que avança lateralmente.

A escolha da alternativa mais conveniente depende da conformação da obra. Se a obra tem pouca frente, mas é muito profunda, o avanço se faz no sentido do

eixo das abóbodas. Por exemplo: um galpão, um graneleiro, uma igreja, etc.. Se as proporções são inversas, o avanço lateral da obra é o mais conveniente.

Se for indiferente, é sempre preferível o avanço lateral das abóbodas, pois, com equipes separadas de montagem, de armaduras e de capeamento, podemos ir terminando de frente a fundo, abóboda por abóboda. Resulta uma obra mais rápida e com menos mão de obra.

7.3 - OBRA COM MUITAS CAMBOTAS

O fato que os cimbres-guias (cambotas) são de pouco custo, tem-se visto nas ilustrações que em todas as obras a quantidade de cambota é muito maior do que a quantidade mínima necessária para essa obra. Isto acontece porque, na relação arquiteto-projetista e empresa construtora, as dimensões

dadas ao projeto permitem reutilizar cambotas usadas noutras obras, e se trabalham operários que conhecem o sistema. Com isso, consegue-se rapidez e economia fantástica. Sendo assim, permite-se que o método de montagem dos pré-moldados com avanço lateral seja o melhor, o que veremos a continuação.

7.4 - MONTAGEM COM AVANÇO LATERAL DA OBRA

Com os vales necessários escorados, volta-se à colocação de frente a fundo, de no mínimo duas fileiras completas de cambotas. Na etapa seguinte, colocam-se todos os pré-moldados, os quais são rejuntados.

O próximo passo, no outro dia (um mínimo de 8h), retiram-se todas as cambotas da primeira abóboda e passam-nas ao outro lado, ao lado onde vai avançar a obra (esquema da pág. 125).

Nesta etapa da montagem, a abóboda origina empuxos horizontais sobre os vales que são estabilizados pela abóboda lateral (Fig. III-102, Fig. III-104), ficando o problema para lateral da primeira abóboda e para o lateral da última abóboda (Fig. III-101). Ao chegarmos a este estágio, é necessário estarem prontas as abas horizontais

de enrijecimento nas bordas laterais inicial e final, cuja função será conduzir estes empuxos a tensores ou contrafortes, (Fig. III-113). No processo de montagem, caso não se queira concretá-las e deixá-las prontas, as duas abas laterais poderão ser colocadas nos últimos vales laterais, escoramento adicional inclinado para suportar os empuxos horizontais até que os tensores estejam nas condições apropriadas e as abas prontas.

Por cima desta casca de tijolo, que de momento cumpre a função de forma, serão realizadas as restantes operações de integrações construtivas, que outorgarão a nossa superfície laminar à capacidade estrutural para a qual foi concebida. (Vide esquema da pág. 125).

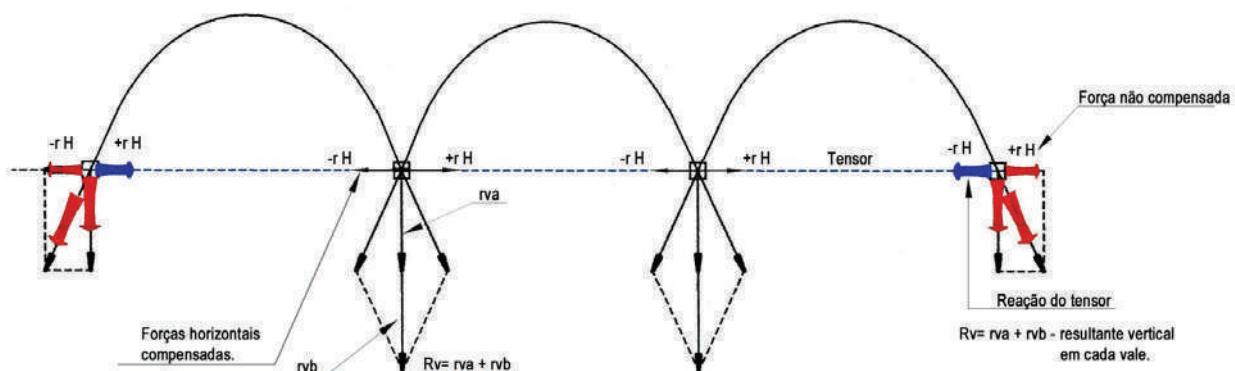


Fig. III-101. Esquema das forças $r'H$ nos últimos vales de extremo da abóboda. Durante a montagem, quando a abóboda está com cambotas, não tem empuxos laterais. (*-5).



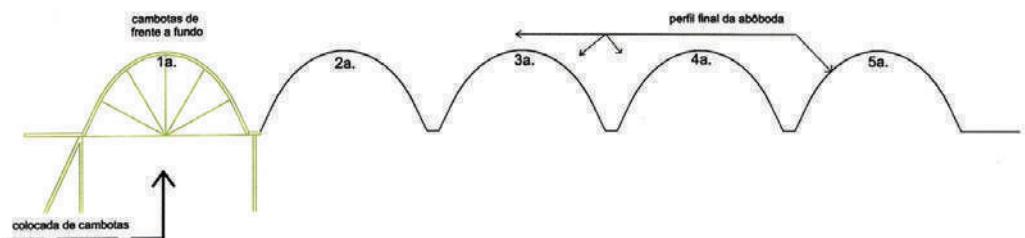
Fig. III-102. Exemplo de avanço lateral. (*-5).

AVANÇO LATERAL - ESQUEMA DE MONTAGEM

SEQUENCIA DE OPERAÇÕES

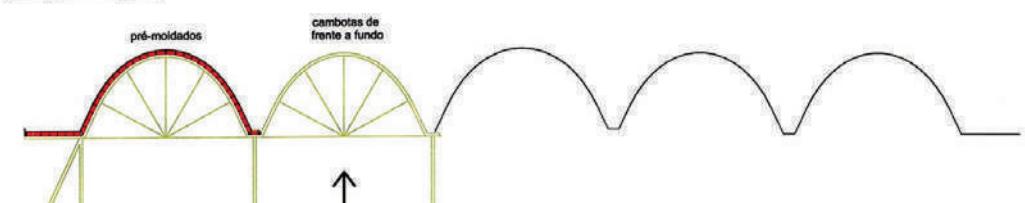
①

- colocar e escorar formas para a aba e para o 2do. vale.
- Montar as cambotas, da 1a. abóboda, de frente a fundo.



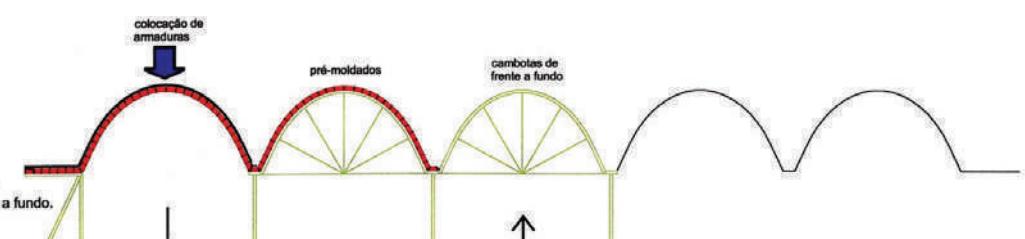
②

- colocar e escorar formas no 3ro. vale.
- Montar as cambotas, da 2a. abóboda, de frente a fundo.
- colocar e rejuntar pré-moldados na aba, na 1a.abóboda e no 2do. vale de frente a fundo.



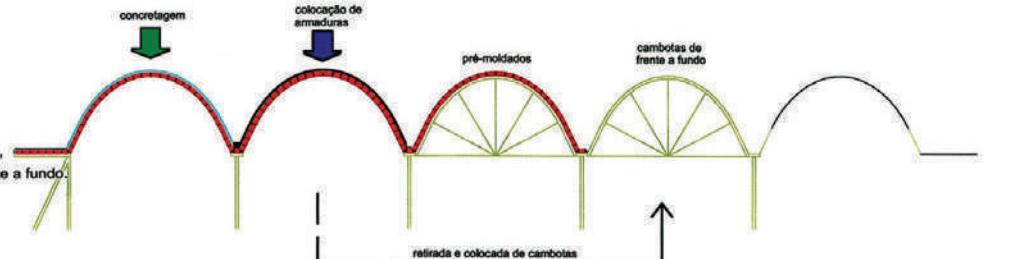
③

- colocar e escorar formas no 4to. vale.
- retirar as cambotas, da 1a. abóboda, e colocá-las na 3a. abóboda, de frente a fundo.
- colocar e rejuntar pré-moldados na 2a.abóboda e no 3do. vale de frente a fundo.
- colocar armaduras sobre a aba e sobre a 1a. abóboda.



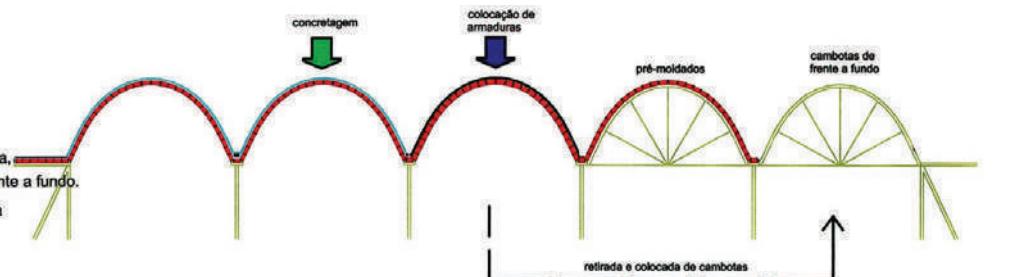
④

- colocar e escorar formas no 5to. vale.
- retirar as cambotas, da 2a. abóboda, e colocá-las na 4a. abóboda, de frente a fundo.
- colocar e rejuntar pré-moldados na 3a.abóboda e no 4to. vale de frente a fundo.
- colocar armaduras sobre a 2a. abóboda e vale.
- concretar a aba e a 1a. abóboda. (concretar o vale).



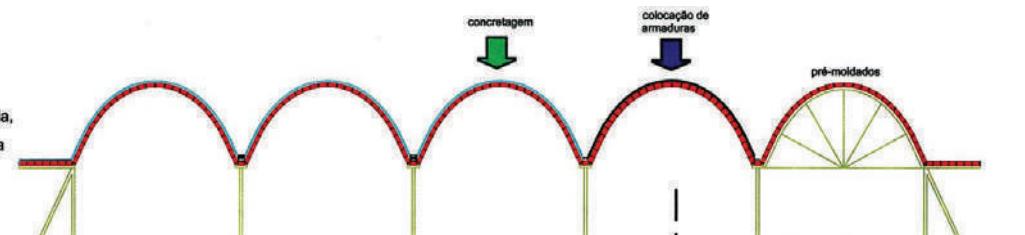
⑤

- colocar e escorar formas no 6to. vale na aba final.
- retirar as cambotas, da 3a. abóboda, e colocá-las na 5a. abóboda, de frente a fundo.
- colocar e rejuntar pré-moldados na 4a.abóboda e no 5to. vale de frente a fundo.
- colocar armaduras sobre a 3a. abóboda e vale.
- concretar a 2a. abóboda. (concretar o vale).



⑥

- retirar as cambotas, da 4a. abóboda,
- colocar e rejuntar pré-moldados na 5a.abóboda e na aba final de frente a fundo.
- colocar armaduras sobre a 4a. abóboda e vale.
- concretar a 3a. abóboda. (concretar o vale).



⑦

- agora se segue com a sequência de operações na 5a.abóboda (armaduras, concretagem) e na aba.
- os tensores se esticam 7 dias após de concretada a última aba.
- à medida que as abóbodas vão sendo liberadas das cambotas, vai-se fazendo a limpeza e retoques por baixo das abóbodas.

7.5 - EXEMPLO DE OBRA

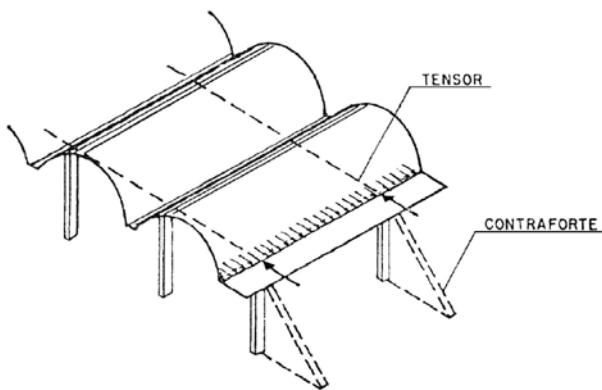


Fig. III-103. Aba horizontal, transmite os esforços aos extensores ou aos contrafortes. (*-5).



Fig. III-104. Exemplo de escoramento inclinado. (*-5).

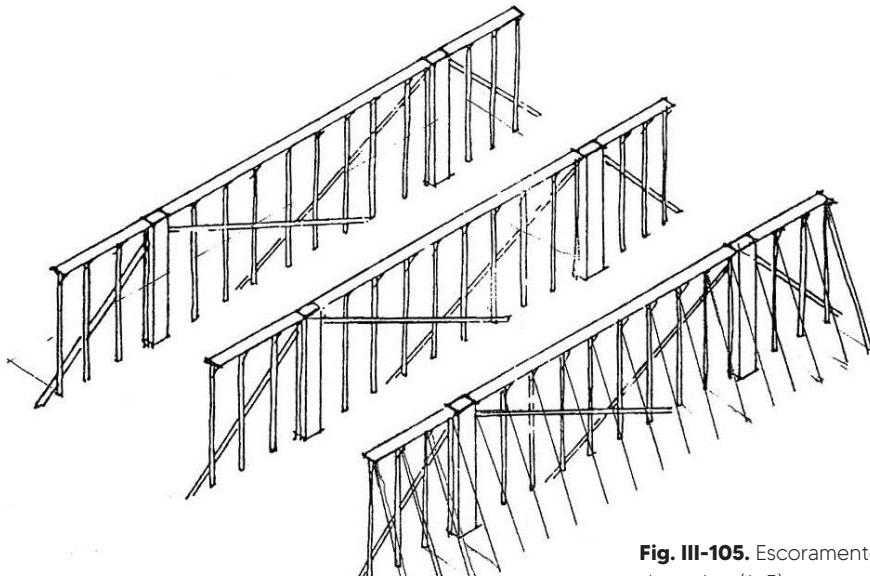


Fig. III-105. Escoramento dos vales. (*-5).



2 Figs. III-106. Avanço frontal, 2 cambotas por abóbadas. Neste caso, as cambotas são do tipo "separadas". (*-5).





2 Figs. III-107. Perto do fim da obra, juntaram-se todas as cambotas dos outros pavilhões e se faz a montagem com avanço lateral. (*-5).



Fig. III-108. Avanço frontal com cambotas divididas. (*-5).



Fig. III-109. Avanço lateral com cambota especial no extremo. (*-5).



Fig. III-110. Montagem com avanço lateral perto da aba horizontal final. (*-5).

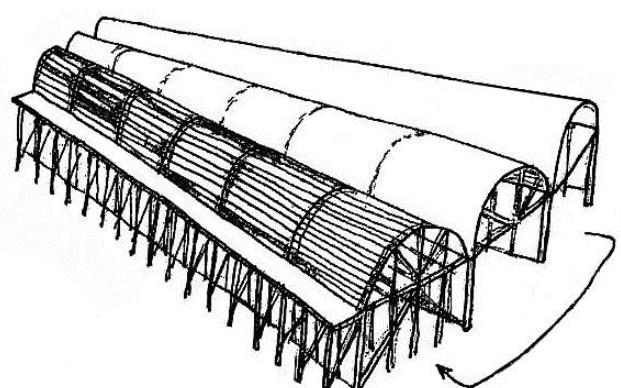


Fig. III-111. Quando as abóbodas apresentam conicidade, a única opção é avançar lateralmente. (*-5).

7.6 - INTEGRAÇÃO ESTRUTURAL

Chamamos “integração estrutural” quando, a partir dessa primeira abóboda de tijolo ou de outra cerâmica, acrescentamos as armaduras e o microconcreto para depois de curado e endurecido o concreto se ter a estrutura-cobertura finalizada e atuando integradamente.

A camada superficial armada ficará ligada ao tijolo estreitamente, conferindo homogeneidade a ele que a estrutura requer. Este capeamento de 3 a 5 cm. de espessura suficiente para cobrir armaduras será feito com microconcreto ou com argamassa de cimento. A interligação e aderência entre estes materiais são comprovadamente extraordinárias.

Como já falamos, a espessura é entre 3 e 5 cm, mas em pontos especiais, como é o caso do fundo dos vales, é preciso aumentar esta espessura devido à concentração de armaduras. Neste caso, é aconselhável fazer um primeiro enchimento de concreto com brita comum para depois fazer um capeamento como acabamento com microconcreto ou argamassa de cimento. Quando a areia usada tem uma boa granulometria, será possível obter um acabamento liso e sem porosidade por meio de uma desempenadeira de madeira. Os cuidados no acabamento do capeamento é a chave do sucesso da impermeabilidade natural da cobertura, o que favorece o tratamento de impermeabilização na finalização da estrutura.

Conforme características da cerâmica usada na cobertura, a primeira casca pode não colaborar estruturalmente. Neste caso, utiliza-se uma forma incorporada que dá o acabamento final. Pode ser que colabore estruturalmente apenas num sentido (no sentido dos furos da peça de cerâmica), e pode ser que seja considerada atuante (estruturalmente) nos dois sentidos do plano da lâmina, é o caso do tijolo maciço ou das peças “Stalton” ou similar.

Após se ter a casca de tijolo, coloca-se uma tela de aço, normalmente eletrosoldada, de barras finas ($15 \times 15 -\varnothing 3.4 \text{ mm CA 60}$), estendida sobre toda a superfície curva, amarrada e apertada com pequenos arames deixados esporadicamente nas juntas. Esta malha cumpre a função de distribuição de esforços para dar homogeneidade à superfície e evitar microfissuras. Onde houver concentração de esforços, por exemplo, com o momento *fletor* na metade do vão onde haverá tração, ou nas abas

de borda, serão colocadas barras (armaduras) com a posição e a bitola adequada. De acordo com o projeto estrutural, pode haver a necessidade de colocar tela dupla. Isto acontece frequentemente nos vales ou na chegada dos pilares, com o intuito de absorver esforços cortantes. Também poderá ter armaduras de protensão. Neste caso, o concreto será colocado em duas etapas.



Fig. III-112. Tela eletrosoldada sobre cobertura ($15 \times 15 -\varnothing 3.5 \text{ mm}$). (*-5).



Fig. III-113. Laje horizontal no extremo da última calha, pronta para serem colocadas as armaduras. (*-5).



Fig. III-114. Capeamento final sobre armadura com gabarito de espessura. (*-5).

7.7 - DETALHES CONSTRUTIVOS

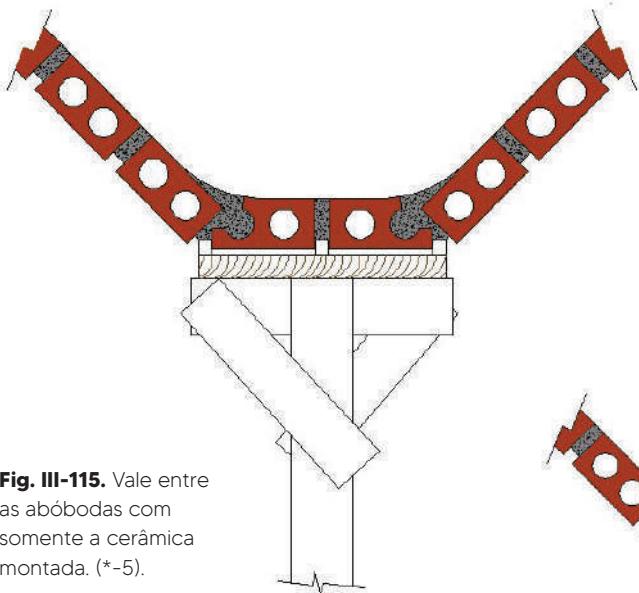


Fig. III-115. Vale entre as abóbodas com somente a cerâmica montada. (*-5).

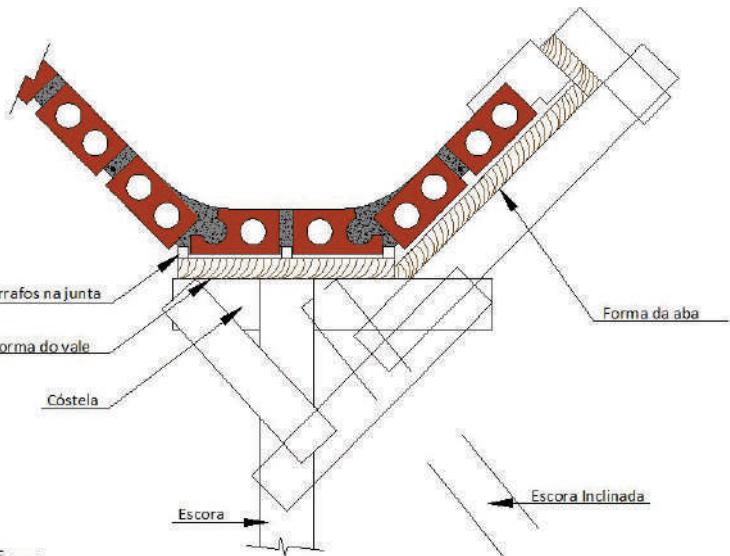


Fig. III-116. Último vale com aba inclinada. (*-5).

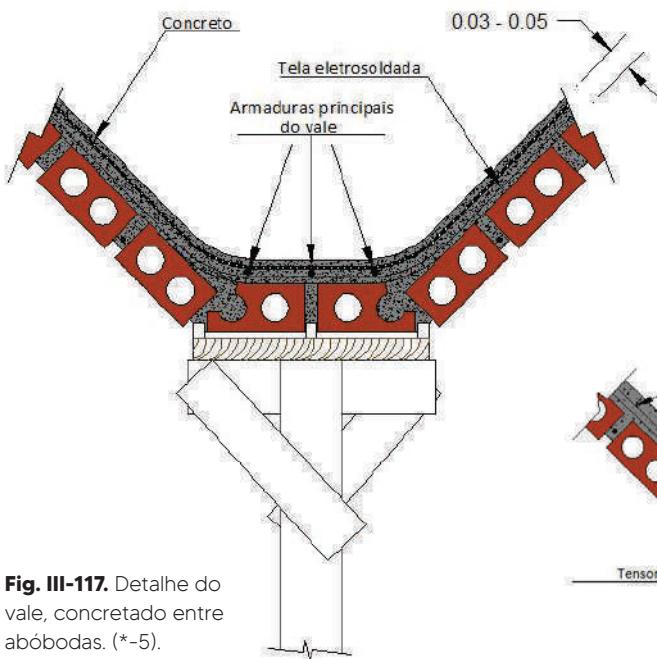


Fig. III-117. Detalhe do vale, concretado entre abóbodas. (*-5).

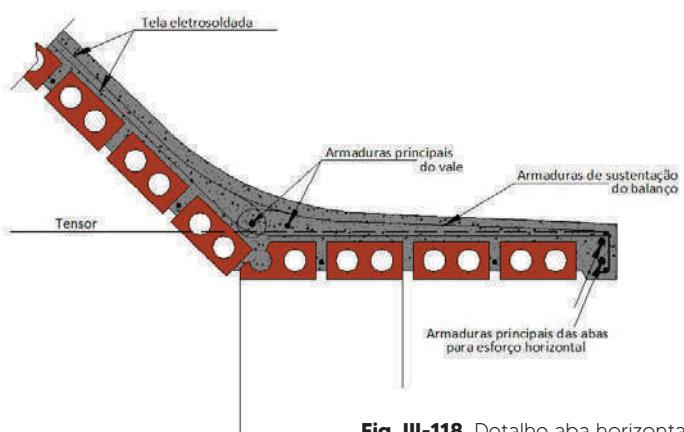


Fig. III-118. Detalhe aba horizontal final com tensor para absorver esforços horizontais. (*-5).



CAPÍTULO IV

EXEMPLO DE OBRAS FEITAS COM O SISTEMA P. E C.

pelo Arq. Alberto Brizolara



Resumen (español)

Ejemplo de obras hechas con el Sistema P. y C., por el Arq. A. Brizolara (pre-moldeados y cimbras)

Para entender lo que se puede hacer con el sistema P. y C., se muestran obras prontas. De cada obra se mostrará su contexto socio económico, sus dificultades y sus adaptaciones. En todas las obras, no fue necesario equipamiento de gran porte. Para estos ejemplos se escogieron diferentes tipologías de obra, como: Residencias, Iglesias, Local de Control de Impuestos, Comercio, Servicio Social de la Industria (SESI) y Hotel, en varias de estas obras se muestran, con fotos, los momentos más importantes del proceso constructivo.

Summary (english)

Example of works made with the P. and C. System (pre-molded and formwork), by Arch. A. Brizolara

To understand what can be done with the P. and C. system, completed works are shown. Each work will show its socio-economic background, its difficulties and its adaptations. In all the works, large-scale equipment was not necessary. For these examples, different typologies of work were chosen, such as: Residences, Churches, Local Tax Control, Commerce, Social Service of Industry (SESI) and Hotel, in several of these works are shown, with photos, the most important moments of the construction process.

EXEMPLO DE OBRAS

Para entender o que pode ser feito com o sistema construtivo de “Pré-moldados e Cambotas” – P. e C., nada melhor que mostrar algumas obras que já foram construídas com esse sistema.

Para entender que o sistema P. e C. é econômico, vai ser necessário mostrar algo de história prévia à obra e seu contexto social, assinalando as dificuldades econômicas que tiveram e a adaptação de mão de obra local com facilidade.

Em nenhum momento, para este sistema construtivo de abóbodas, foi preciso usar grandes gruas – se porventura houvesse uma grua fixa ou móvel ociosa à disposição, utilizaria-se para dar mais rapidez aos trabalhos. Este foi o caso da obra dos depósitos da Companhia de Energia Elétrica do Estado – CEEE, na Av. Ipiranga em Porto Alegre, mostrado no Cap. III.

Para este Capítulo, escolheram-se obras de diversas tipologias de temas como, por exemplo, residências, capelas, igrejas, hotéis, comércios,

esporte, serviço público, etc.. Tais obras percorrem um período de aproximadamente 50 anos. Ao procurar o mais significativo, notar-se-á que os exemplos são muitos.

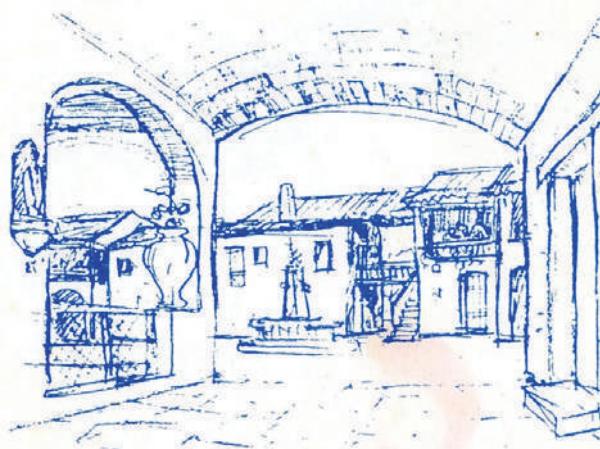


Fig. IV-1. Passagem de um povoado turístico. (*-5).

1

RESIDÊNCIA

1.1 - OBRA: RESIDÊNCIA DE VERÃO DA FAMÍLIA ROTTA

OBRA

Residência de verão da família Rotta (1976)

AUTOR DO PROJETO

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Praia Rainha do Mar
- RS/Brasil



Fig. IV-2. Vista externa. (*-5).

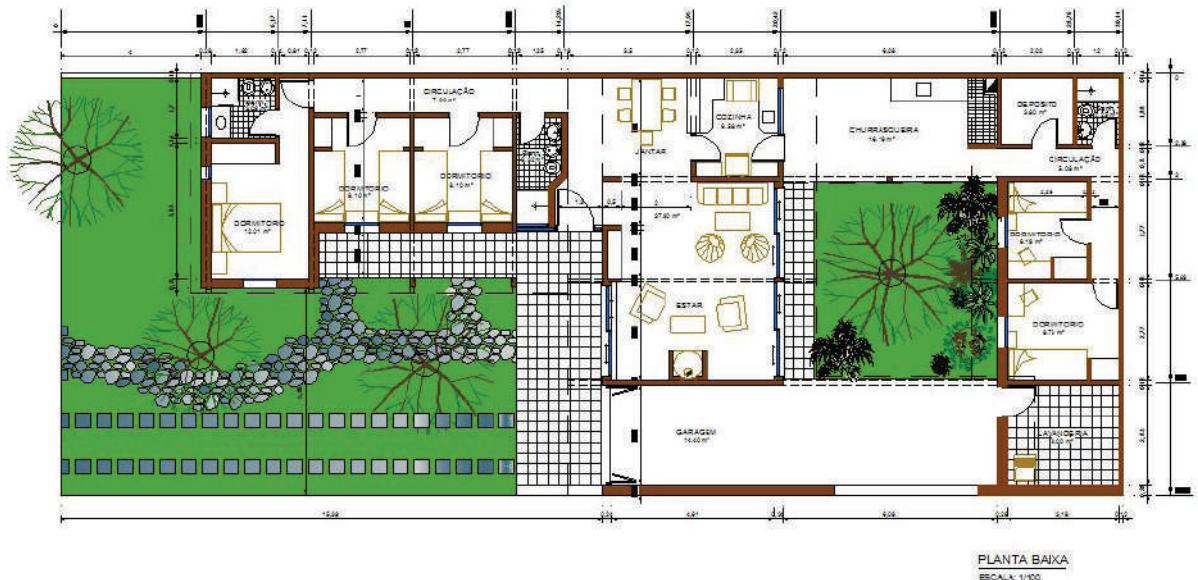


Fig. IV-3. Planta. (*-5).

Uma construção simples cujos operários não tinham experiência neste tipo de cobertura. Os pré-moldados foram feitos segundo o detalhe (Fig. IV-5) e tiveram:

- 1) Excelente acabamento rústico e polido.
- 2) Excelente isolamento térmico.

Por cima da cobertura, puseram 3 cm. de argamassa e uma tela eletrosoldada de 15 x 15 cm, no vale uma placa cortada de 15 cm. x 25 cm.

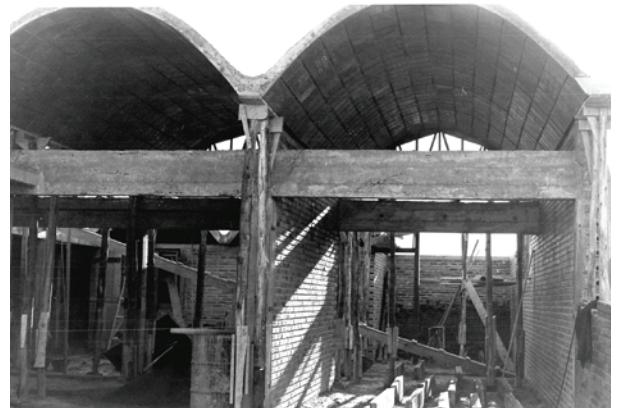


Fig. IV-4. Pré-moldados em secagem. (*-5).

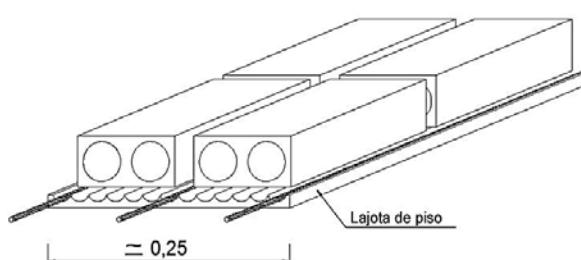


Fig. IV-5.
Detalhe do pré-moldado feito com 2 tijolos de 2 furos sobre lajota de piso; o tamanho da lajota se escolhe segundo a conveniência. (*-5).



Fig. IV-6. Escoramento comum com cambota simplíssima. (*-5).



Fig. IV-7. Fazendo o acabamento superior, estocagem e cambotas. (*-5).



2 Figs. IV-8. As abóbodas são autoportantes, independentes das paredes. (*-5).



2 Figs. IV-9. Detalhes dos vitrais pré-moldados em concreto e vidro. (*-5).

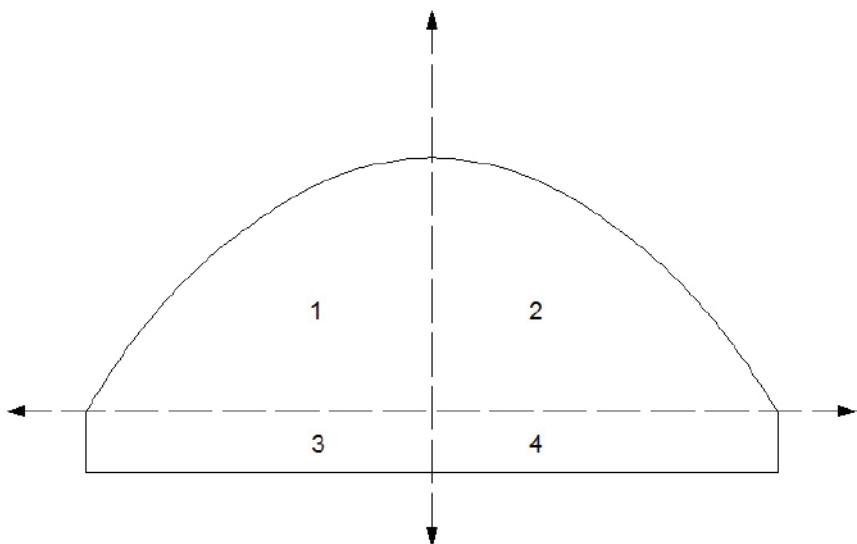


Fig. IV-10. Esquema da divisão do concreto dos vitrais para a pré-fabricação. As partes 1 e 2 são utilizadas nas abóbadas dos dormitórios; para as outras abóbadas acrescentam-se os pré-moldados 3 e 4. (*-5).



Fig. IV-11. Os vidros dos vitrais são fixados em divisões de concreto pré-moldado dividido em 4 partes separadas. Algumas meia-luas levam só 2 partes, como neste caso. (*-5).



Fig. IV-12. Vista do acesso à casa. Nas abóbadas frontais, o concreto pré-moldado dos vitrais foi feito em 4 partes; nas abóbadas laterais foi feito em 2 partes. (*-5).

2

IGREJAS

2.1 - OBRA: IGREJA DE RIO BRANCO

OBRA

Igreja de Rio Branco (1966)

AUTORES DO PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Arq. Alberto Brizolara,
Arq. J.M. Aroztegui

LOCALIZAÇÃO

Rio Branco -
La Cuchilla - UY



Fig. IV-13. Fachada principal. (*-5).

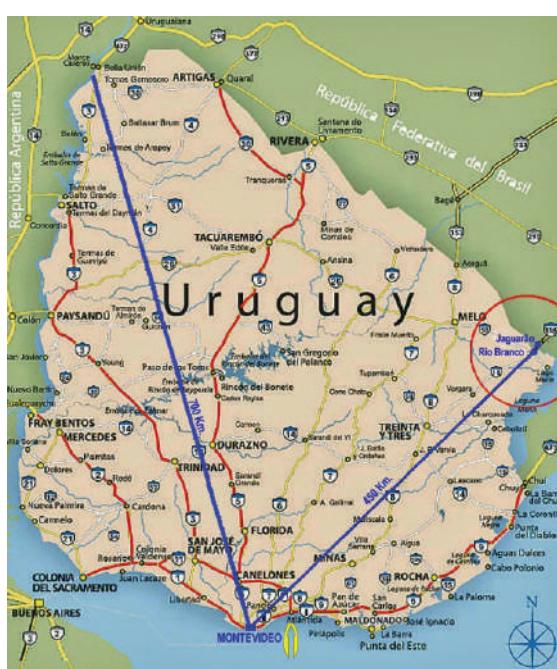


Fig. IV-14. Localização fronteira Brasil e Uruguai (*-5)

Esta obra está localizada na fronteira entre Brasil e Uruguai, provavelmente foi a primeira obra contratada que fizemos. Está numa localidade de economia rural de baixíssimos recursos.

Fomos procurados pela freguesia católica para que fizéssemos uma Igreja com custos abaixo do normal com pouca mão de obra e com materiais da região. Não havia empresa construtora, o responsável por cumprir com as indicações do profissional era um pedreiro que reunia outros pedreiros e serventes. O pedreiro chefe tinha como veículo uma bicicleta e seu apelido era “Batata”.

O equipamento de obra era zero, só pá, balde, carrinho de mão, roldana, etc. A mão de obra não tinha experiência em obra similar.

O desafio era grande, e as verbas bastante escassas, havia de usar praticamente só tijolo que era muito barato e de péssima qualidade, ao que se acrescentou a argamassa de cimento e as poucas armaduras.

2.1.1 – Processo Construtivo



Fig. IV-15. Só duas (2) cambotas econômicas para toda a obra. Curva anticatenaria. (*-5).



Fig. IV-16. Como a madeira era muito cara, os andaiques eram singelos. (*-5).



Fig. IV-17. Primeiro tijolo do arco assente sobre alicerce de concreto. (*-5).



Fig. IV-18. O arco de tijolo assente em areia e cimento se apoia na cambota. (*-5).

Em decorrência de o percurso do arco da curva *anticatenaria* ser longo, próximo aos 20 m., existem esforços de flambagem devido ao vento e as cargas excêntricas. Portanto, era necessário dar rigidez adequada à cobertura, o que se faz com arcos de tijolo salientes por baixo e por cima. A estes arcos, foi-lhes dada rigidez para toda a lámina da cobertura. No antigo linguajar dos espanhóis, tais arcos eram chamados de “perpianhos”. Neste caso, foram

mais robustos e volumosos porque não podíamos usar o concreto, sendo o tijolo de baixa resistência. Com a respectiva obra, comprovou-se em definitivo que o sistema P. e C. (Pré-moldado e Cambotas) é realmente eficiente e econômico.

Comprovou-se ainda que qualquer mão de obra adaptava-se facilmente, e que fazer algo novo sem dificuldade para os pedreiros era um orgulho. O custo foi menor do que fazer um galpão.



Fig. IV-19.
Levantando os arcos, neste caso o próprio encarregado da obra. (*-5).



Fig. IV-20.
Os arcos de tijolo estão prontos para receber os pré-moldados. (*-5).



Fig. IV-21. Devido à capacidade resistente do tijolo, o arco tem uma camada inferior e outra por cima da cobertura com armadura no meio. No arco, o concreto não devia existir. (*-5).



2 Figs. IV-22.
Depois de feita toda a camada inferior do arco, colocam-se os pré-moldados de tijolo. (*-5).



Fig. IV-23. Os pré-moldados da parte superior sobem-se com cordas, deslizam-se sobre as faixas-guias de madeira. Elevam-se em paralelo dos dois lados. (*-5).



Fig. IV-24. Os pré-moldados retos ou curvos se fazem no canteiro de obra. (*-5)



Fig. IV-25. Na galeria lateral e nas dependências da igreja se usavam pré-moldados curvos. (*-5).



Fig. IV-26. Galeria lateral com pré-moldados curvos (*-5).



2 Figs. IV-27. De um lado os apoios são pontuais; do outro lado, o apoio é contínuo. (*-5).

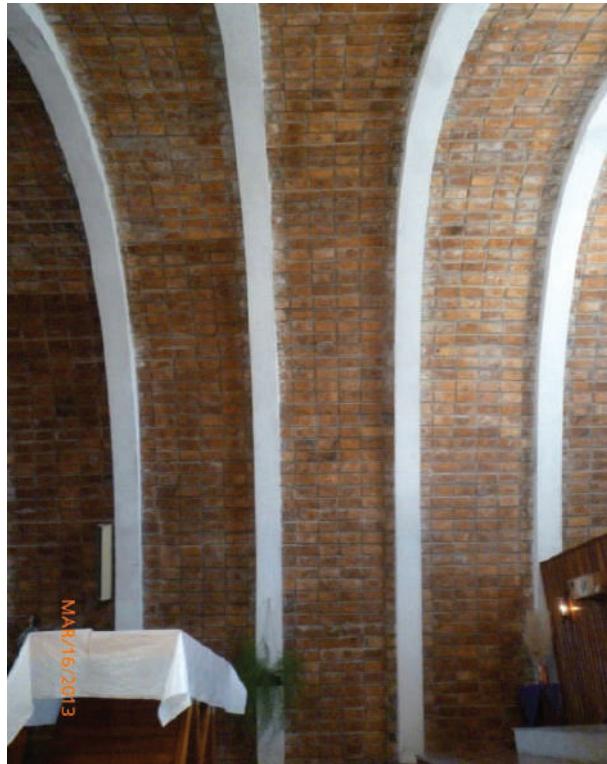


2 Figs. IV-28. O encarregado à esquerda tomado chimarrão com o arquiteto ao meio-dia. Na 2ª figura, o Senhor “Batata” retirando-se da obra no seu veículo. (*-5).



Aos arcos salientes, optou-se por rebocá-los porque seu acabamento era muito irregular e era necessário deixar um visual mais caprichado.

2 Figs. IV-29. Vista interna, obra pronta. Os arcos foram rebocados. (*-5).



4 Figs. IV-30. Vistas internas do templo. (*-5).



Fig. IV-31. Vista interna. (*-5).



Fig. IV-32.
Fachada. (*-5).



Fig. IV-33. Detalhe da fachada. (*-5).

2.2 - OBRA: IGREJA DO SAGRADO CORAÇÃO (1967-1987)

OBRA

Igreja do Sagrado Coração (1967-1987)

AUTOR

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Cidade de Rivera - UY



Fig. IV-34. Croqui, perspectiva aquarelada segundo o projeto (1967). (*-5).

2.2.1 – Um grande desafio

Num bairro de uma cidade pequena do interior do país, com escassos recursos, uma comunidade de católicos pobres, mas com muita fé, propõem-se a um desafio imenso: “fazer seu templo, fazer sua igreja” tudo tinha que ter custos irrisórios. Além disso, poderia-se saber o dia de começo da obra, contudo pelas dificuldades não se sabia quando iria terminar, se faria a obra por etapas. A obra levou 20 anos, o pároco da obra foi o Padre Edgar Mendiondo.

Os operários já tinham experiência em obras similares em abóbadas. Além da nova tecnologia usada para fazer as paredes, as coberturas foram feitas pelo sistema de “Pré-moldados e Cambotas”, (P. e C.). Tendo os gabaritos dos pré-moldados, por iniciativa própria, a comunidade ia fazendo; depois de um tempo todos estavam feitos, apenas faltava a montagem. O material mais barato era o tijolo artesanal da própria região, chamado também de tijolo de campo, muitas vezes de má qualidade, e devíamos utilizá-lo porque parte dele era doado; os outros materiais, cimento e ferro, deveriam ser usados na sua mínima expressão. Por todas estas condicionantes para o uso do tijolo, fizeram-se as paredes autoportantes ao vento para os anos em que a obra estaria paralisada sem cobertura.

No Cap. IX (Figs. IX-22, IX-24 e IX-25), faz-se um estudo estrutural das paredes deste templo e de seu significado para uma nova arquitetura. Diferente das igrejas tradicionais, o templo é levemente retangular com o altar na lateral, tipo assembleia, seguindo indicações pós-concílio (C. Vaticano II).



Fig. IV-35. As paredes têm base senoidal, sendo retas na parte de cima. São paredes duplas de meio tijolo à vista. Entre as duas fica um espaço de 4 cm. com armadura vertical que se preenche com argamassa de cimento. Estas paredes da foto ficaram 14 anos com a obra paralisada. Quando se continuou a obra estes meninos tinham ao redor de 20 anos. (*-5).



3 Figs. IV-36. As paredes, ao terem essa base maior ancoradas em alicerces com a mesma curva, têm um maior momento de inércia com grande resistência ao tombamento. (*-5).

2.3 - OBRA: IGREJA N. S. DE LOURDES E SÃO LUÍS (1985 - 1997)

OBRA

Obra: Igreja N. S. de Lourdes e São Luís (1985 - 1997)

PROJETO

Arq. Ieda Inda

COBERTURAS EM TIJOLO ARMADO

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Florianópolis – Santa Catarina/Brasil

Fig. IV-37. Acesso à Igreja. (*-5).



Está localizada junto à rua Frei Caneca, Pedra Grande, hoje chamado de Bairro d'Agrônômica. As obras se iniciaram em fev./1987 e inaugurou-se a igreja em 13/12/1997. Em 1991, iniciaram-se os preparativos da cobertura (pré-moldados, cambotas, andaimes). A maior parte dos trabalhos da cobertura se montou com 1 carpinteiro de obra e mais 2 serventes, o que foi um êxito econômico, mesmo que andando devagar. A planta baixa é muito simples: um retângulo como nave única e um semicírculo para o abside e o altar. O retângulo da planta baixa é de 18 m. de largura (corda) e 24 m. de comprimento.



Fig. IV-38. Vista da cúpula polilobulada sobre o altar. (*-5)



Fig. IV-39. Vista interna da cobertura, onde a tecnologia permite um efeito de luzes singular. (*-5).



Fig. IV-40. Vista impressionante, onde a sensação é de que a cobertura está inflada por um vento de baixo para cima. (*-5).

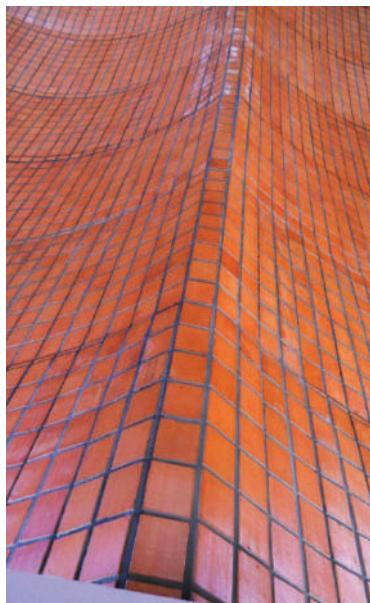


Fig. IV-41. No detalhe, observa-se a perfeição das juntas. (*-5).



Fig. IV-42. Vitral sobre a entrada principal. (*-5).



Fig. IV-43. As colunas inclinadas oficiam de "arc-boutant". (*-5).



Fig. IV-44. "Quem tem sede, venha", o apelo do Evangelho. (*-5).



Fig. IV-45. Entrada lateral. (*-5).



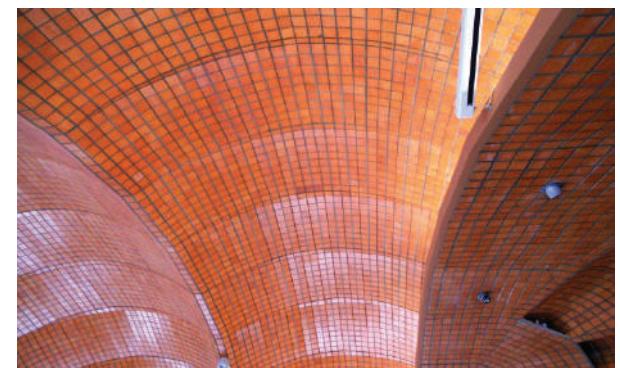
Fig. IV-46. Vistas da cobertura desde o abside ao acesso. (*-5).



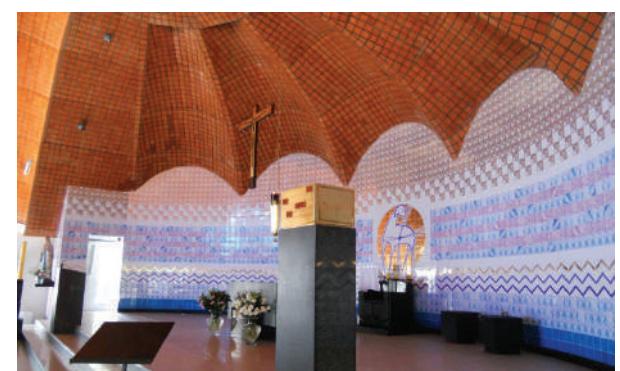
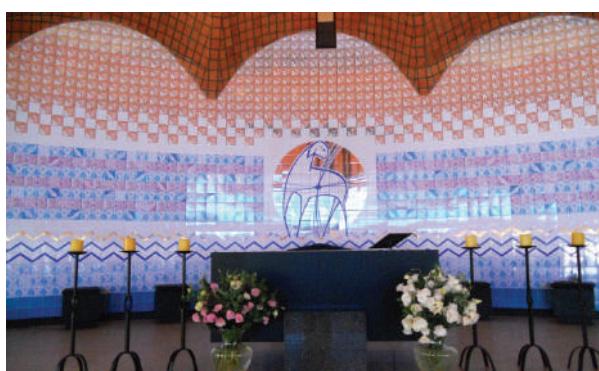
Fig. IV-47. Vista interior. (*-5).



Fig. IV-48. Cobertura com abóbodas em dupla curvatura afunilada. (*-5).



2 Figs. IV-49. Diversas vistas da cúpula polilobulada que abraça o altar e o abside. Não foram utilizadas formas contínuas, somente foram usadas cambotas e o escoramento dos vales curvos e convergentes ao centro. (*-5).



2 Figs. IV-50. Vista do altar com mural de cerâmica vitrificado ao fundo sob a cúpula radial. (*-5).



Fig. IV-51. Vista externa da cúpula poliolobulada sobre o abside da igreja. A aba horizontal reta se sobrepõe à cúpula onde haverá um halo de luz. (*-5).



Fig. IV-52. No começo do telhado, colocam-se cambotas guias para duas fatias curvas da cobertura e a aba reta que estará cruzando sobre a cúpula (vide foto anterior). O vale vai de um pilar de um lado a outro. Os pilares com capitel em "V" já estão feitos. (*-5).



Fig. IV-53. Continuando a obra, foram colocados os pré-moldados nos 2 módulos e na aba, depois foram colocadas as armaduras e feito o capeamento de um módulo e a aba. Isto permitiu a retirada das cambotas da primeira fatia e as escoras, e recolocá-las num novo módulo para seguir avançando na cobertura. (*-5).



2 Figs. IV-54. Detalhe de pilares fazendo de “arc-boutant”. (*-5).

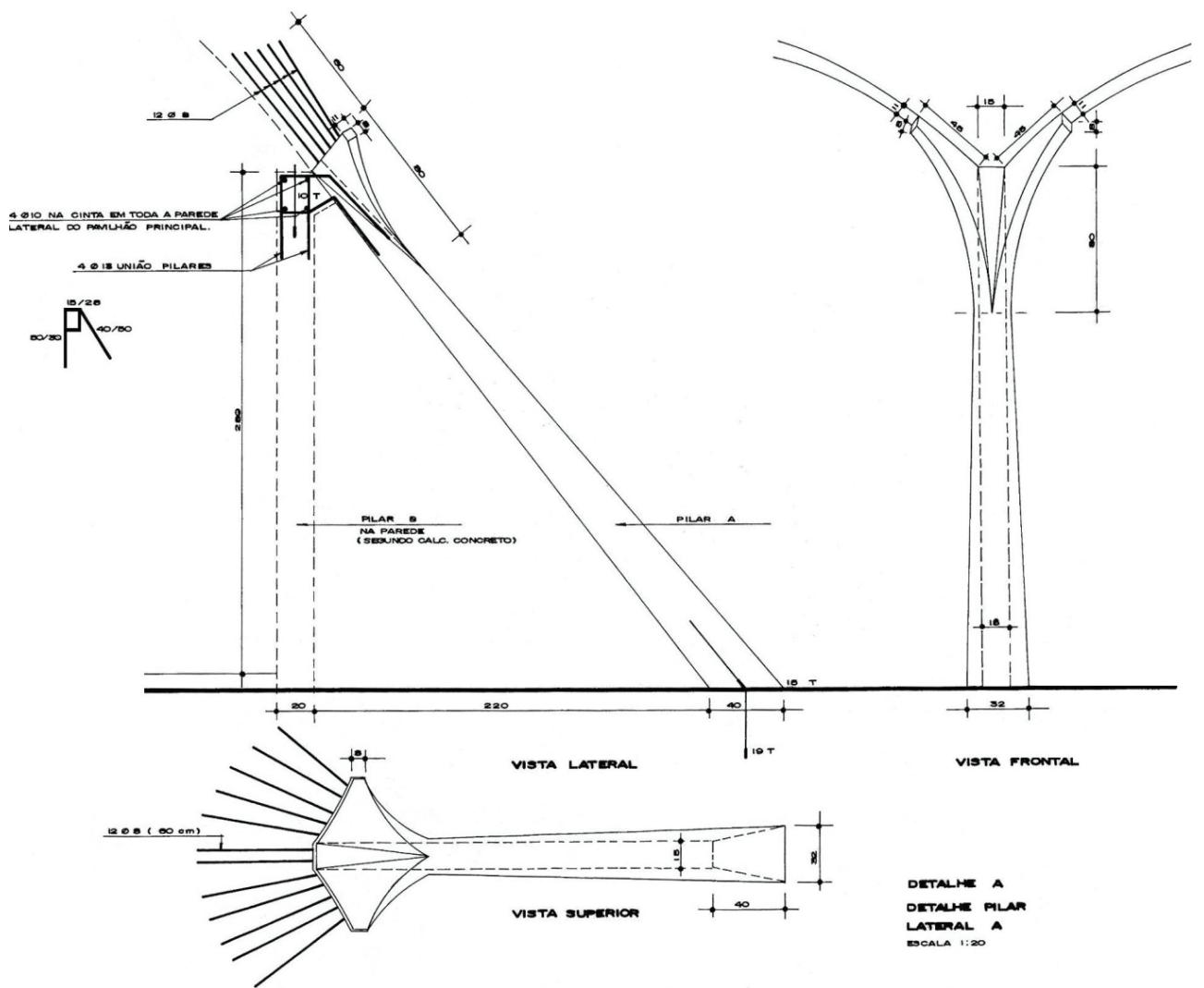


Fig. IV-55. Detalhe do pilar inclinado. (*-5).

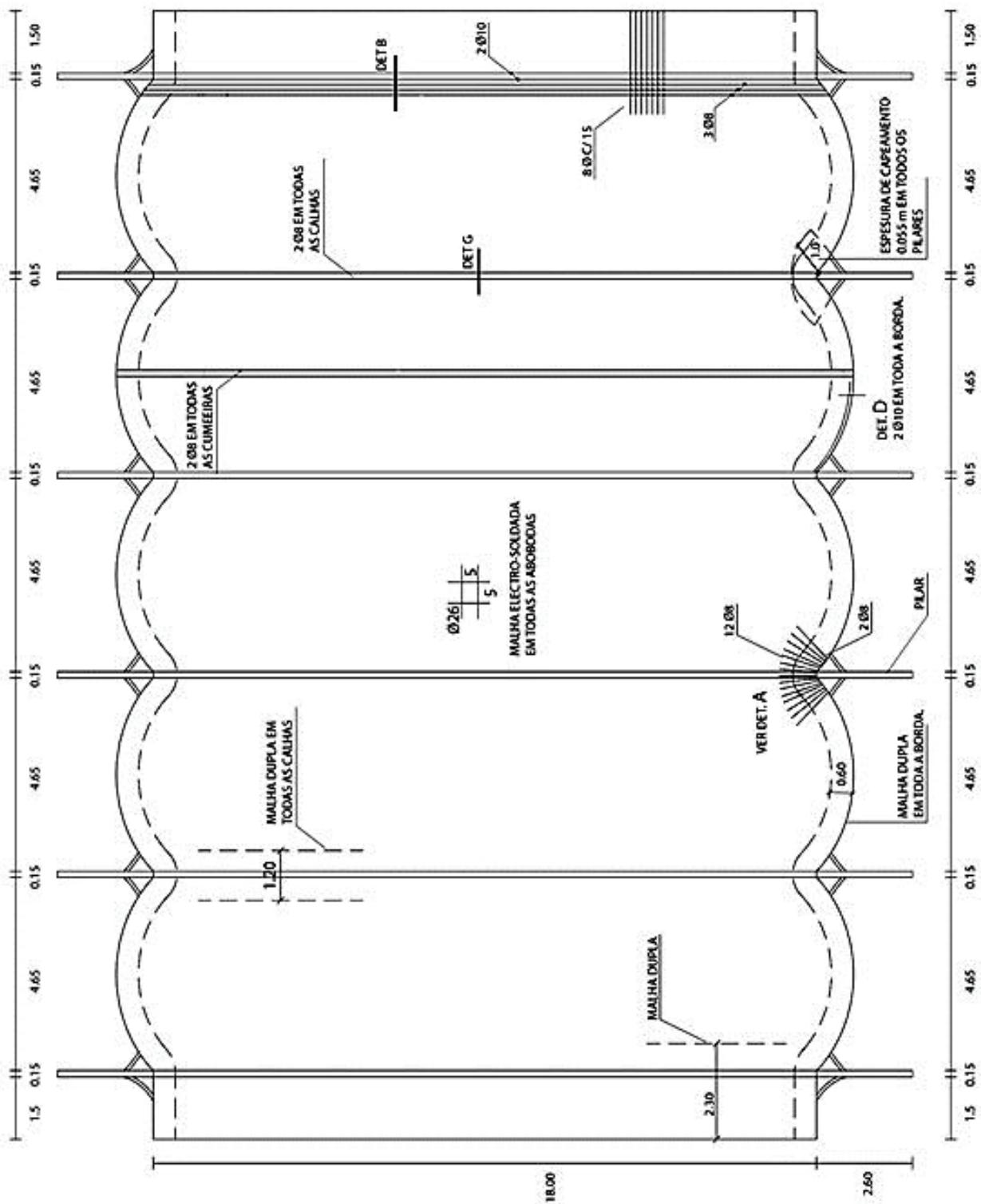


Fig. IV-56. Planta da cobertura com armaduras. (*-5).

2.4 - IGREJA N. S. DO ROSÁRIO (1969)

OBRA

Igreja N. S. do Rosário (1969)

PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Arq. Alberto Brizolara

CONSTRUÇÃO

Eng. Paulo Fossatti D'Abreu

LOCALIZAÇÃO

Sant'Ana do Livramento
- RS/Brasil

Fig. IV-57. Vista externa da igreja.
Não tem o campanário do projeto
por falta de verba. (*-5).



Esta igreja está situada a poucos metros da divisa com Uruguai, junto à cidade de Rivera. Esta foi a primeira cobertura feita com o sistema de pré-moldados e cambotas (cimbres-guias) e dupla curvatura. Antes, existia no lugar uma capela sem conotações históricas, de pequenas dimensões. Foi feito primeiro a cobertura das abóbodas por cima da capela para depois ser demolida.

Como sempre, a comunidade católica tinha escassos recursos, sendo essa a razão para optar pela cobertura em tijolo armado.



Fig. IV-58. Vista desde o altar ao fundo da nave. (*-5).



Fig. IV-59. Vista desde o fundo ao altar. (*-5).



Fig. IV-60. Detalhe do afresco do altar, imagem da ressurreição. Por estar na "Fronteira da Paz", tem as duas bandeiras, no detalhe: à esquerda a uruguai e à direita a do Brasil fora da foto. (*-5).

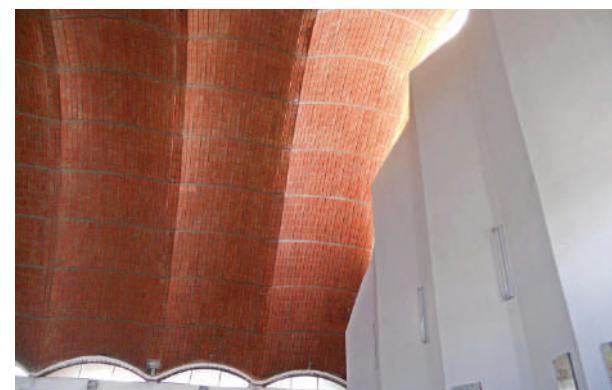


Este conjunto paroquial se compõe de igreja, salão de festa, ao fundo seis salas para ensinamentos de ofícios, de um pátio de jogos infantis e, por trás do templo, jazigos funerários.

Fig. IV-61. Vista transversal da nave na direção do pátio. Observe a parede à direita, plissada para ser autoportante. (*-5).



2 Figs. IV-62. Capela do Santíssimo, dependência lateral ao templo. (*-5).



2 Figs. IV-63. A parede do fundo do templo é independente da cobertura e plissada para ser autoportante. (*-5).



Fig. IV-64. A cobertura do salão de festas. (*-5).



Fig. IV-65. Detalhe da cobertura junto ao altar. (*-5).



Fig. IV-66. Entrada ao conjunto com laje, plana de tijolo armado. Ao fundo, salão de festa com abóboda reta autoportante. (*-5).



Fig. IV-67. As colunas inclinadas transmitem à fundação as descargas da cobertura. (*-5).

3

DIVERSAS OBRAS

3.1 - OBRA: POSTO DE FISCALIZAÇÃO DO ICM

OBRA

Posto de fiscalização do ICM
- (Imposto à Circulação de Mercadoria) e balança (1982)

AUTOR

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Vila São João, BR - 101,
a 200 km de Porto
Alegre/Brasil



Fig. IV-68. Vista geral do lado leste, observa-se a caixa d'água. (*-5).

Nesta obra, utilizou-se tijolo maciço de alta resistência. Tinha balanços de 5 m. e o acabamento por baixo da abóboda ficou muito bem. Tem uma caixa d'água de tijolo armado de 10 m. de altura. Depois de feitos os pilares, os pré-moldados de tijolo armado já estavam prontos, o mesmo que as cambotas. Por isso,

a montagem resultou muito fácil e rápida. Foram utilizados 4 pedreiros da equipe estável e 3 serventes do povinho próximo. Os prazos exigidos pelo Ministério de Transporte foram cumpridos com antecedência. A impermeabilização foi feita com manta asfáltica aluminizada.



3 Figs. IV-69. Posto de Fiscalização e balança para caminhões dos dois lados da estrada BR 101. (*-5).

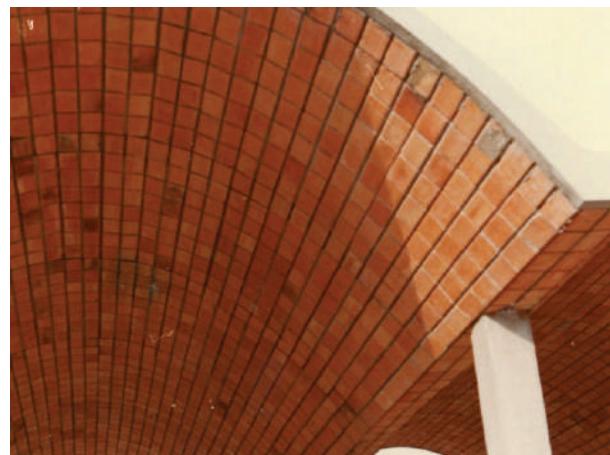
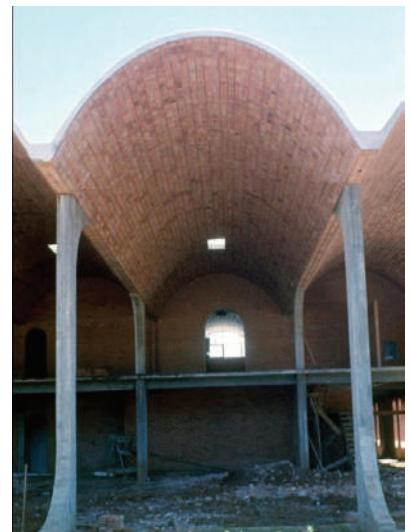


Fig. IV-70. No acabamento, os tijolos ficaram perfeitamente alinhados. (*-5).

3.2 - OBRA: REVENDA DE AUTOMÓVEIS FORD (1982)



OBRA

Revenda de automóveis
Ford (1982)

AUTOR

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Carazinho – RS/Brasil

Fig. IV-71. Vista noturna. (*-5).

Fig. IV-72. Obra em construção. (*-5).

Carazinho é uma cidade de 60.000 habitantes, localizada no interior do estado do Rio Grande do Sul, situada no planalto central a 400 km da capital Porto Alegre. Esta cobertura feita com o sistema de “pré-moldados e cambotas” foi realizada com mão de obra com experiência no sistema.



2 Figs. IV-73. Procurou-se dar uma chegada elegante e suave aos pilares de concreto à cobertura de tijolo. Os tensores ficaram dentro da esquadria. (*-5).

2 Figs. IV-74. Abóbadas que se cruzam, sem tensor, ainda em obra. (*-5).



2 Figs. IV-75. Vista externa e vista da estrutura do grande *hall*. (*-5).



2 Figs. IV-76. Vista externa. Estrutura à vista na parede. Iluminação com janelas oval e lanternim zenital. (*-5).



Fig. IV-77. Acesso com abóboda transversal. (*-5).



Fig. IV-78. Grande *hall* de exposições. (*-5).



Fig. IV-79. Vista externa com aba final para esforços horizontais. Veja reflexo da caixa d'água. (*-5).



2 Figs. IV-80.

Vista do grande *hall* de exposição e com o visual interno desde a entrada. (*-5).



3.3 - OBRA: SESI - SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA (1978)

**OBRA**

SESI - Serviço Social da Indústria (1978)

AUTOR

Arq. Monserrat

PROJETO DE COBERTURAS DE TIJOLO ARMADO

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

São Leopoldo - RS/Brasil

É um conjunto de construções para albergar todos os tipos de atividades que as indústrias fornecem à sociedade: Ensino de ofícios, esporte, saúde, etc.. O conjunto tem 3.600 m² de cobertura em abóboda, incluindo o pórtico de acesso e o ginásio de esporte, etc..

Fig. IV-81. Vista geral dos 3.600 m² de cobertura. (*-5).



2 Figs. IV-82. Vista do pórtico de acesso tem um pilar central com um balanço duplo de 4 m. (*-5).



Fig. IV-83. Vista interior do ginásio de esporte, cobertura feita com o sistema de pré-moldados e cambotas e também pós-tensada. (*-5).



Fig. IV-84. Ao fundo o ginásio de esporte, próximo às dependências e salas de academia. (*-5).



Fig. IV-85. Abóbadas autoportantes. (*-5).



Fig. IV-86. Arquibancada com o cruzamento das coberturas. (*-5).



2 Figs. IV-87. Apoios e iluminação. (*-5).



Fig. IV-88. Na meia lua o vidro é fixo e vai direto no tijolo, poderia ser móvel. (*-5).



Fig. IV-89. Nos acessos às abóbodas têm duplo balanço de 2.3 m. referente à parede. (*-5).



Fig. IV-90. Vista do acesso e da iluminação superior. (*-5).



3 Figs. IV-91. Toda a cobertura tinha dois módulos de corda das abóbodas, a maior para o ginásio cujo vão é 30 m., e para o resto a corda era a metade. A cinta de arremate das paredes faz a função de tensor. (*-5).



Todas as abóbodas foram feitas com o sistema de “Pré-moldados e Cambotas” – P. e C.. Como consequência, visto que eram muitos metros quadrados, fizeram-se muitas cambotas com a madeira sobrante das formas das vigas baldramas e pilares. Começaram-se as abóbodas de vários pavilhões ao mesmo tempo com o método de “avanço frontal”. Na medida em que terminava um pavilhão, passavam-se as cambotas para o outro em andamento. Desta forma, podia-se continuar com o método de “avanço lateral”, que é mais rápido ainda.

Diríamos que 1/3 de toda a cobertura foi possível fazer pelo método de avanço lateral sem exagerar na confecção do número de cambotas, fazendo toda a cobertura mais econômica.

3.4 - OBRA: HOTEL INTERNACIONAL - TERMAS DE GRAVATAL (1977)

COBERTURAS COM ABÓBODAS AUTOPORTANTES EM LEQUES

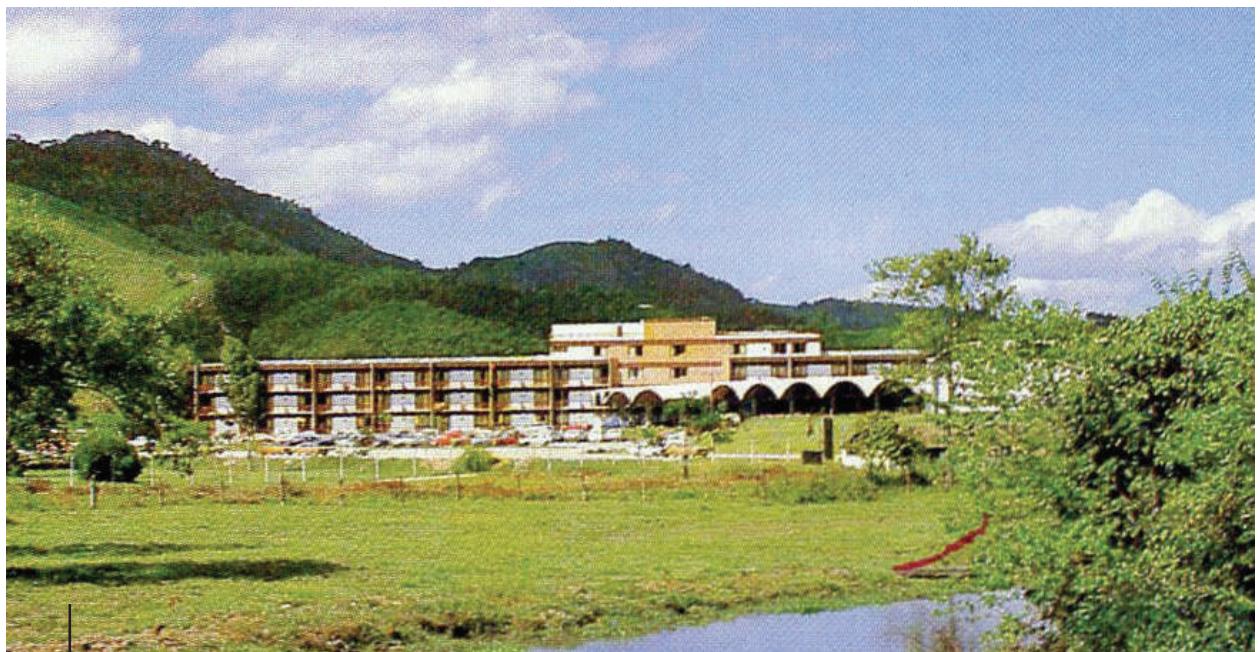


Fig. IV-92. Vista externa do hotel termal. (*-5).

OBRA

Hotel Internacional -
Termas de Gravatal (1977)

COBERTURAS EM TIJOLO ARMADO

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Santa Catarina - Brasil

A cobertura da área social e de serviço foi feita com abóboda de tijolo armado a partir do sistema de pré-moldados e cambotas (P. e C.). Esta foi a primeira cobertura no mundo do tipo, com abóbodas de tijolo armado convergentes a um ponto, ou seja, afunilados e em forma de leque. Estas abóbodas são autoportantes e liberam a planta para projetar recepção, estares, restaurante, cozinha, sala de convenções, sala de jogos, serviços, etc.. Fazem um quarto de círculo com 17 abóbodas que rodeiam as áreas de lazer ao ar livre.

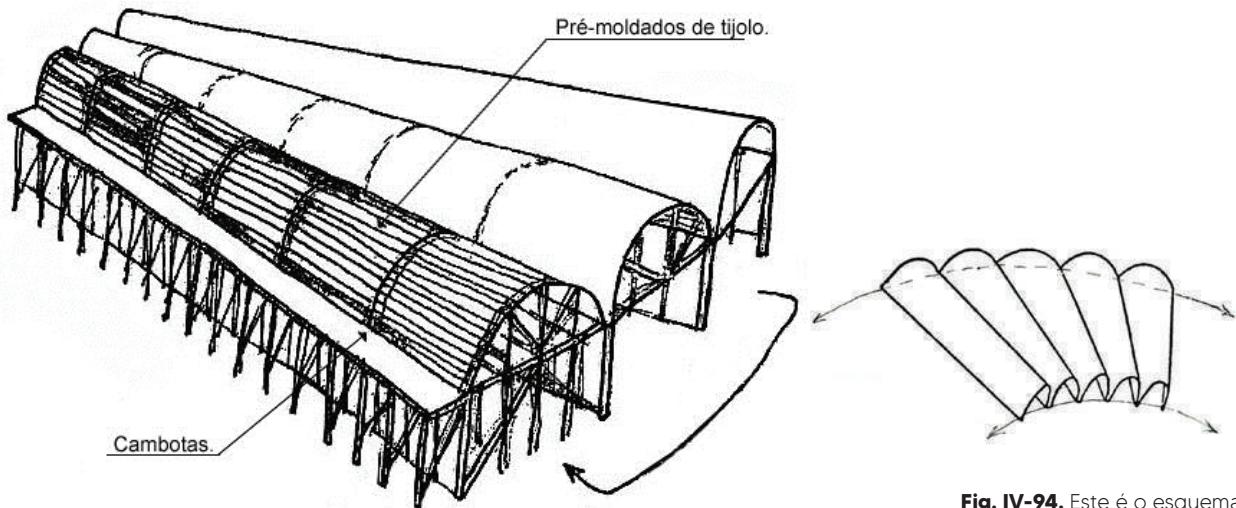
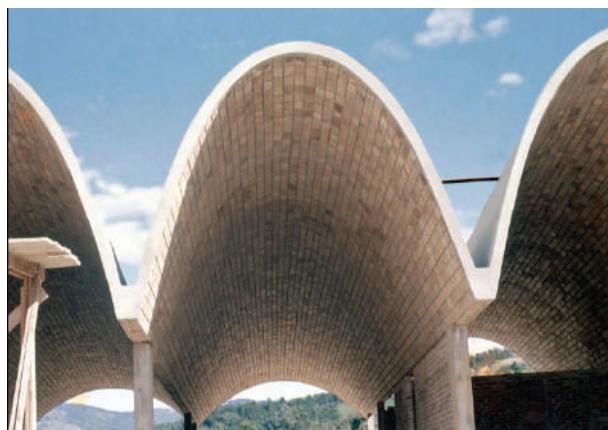


Fig. IV-93. Este é o esquema de avanço da obra na montagem da cobertura. Em duas abóbodas, colocamos de frente a fundo as cambotas e, após isso, colocamos os pré-moldados em toda a abóboda e fizemos todas as tarefas para terminar a abóboda. Após passamos todas as cambotas para o outro lado da abóboda, e assim seguimos fazendo a cobertura – é o que chamamos de avanço lateral. (*-5).

Fig. IV-94. Este é o esquema da cobertura do hotel. As abóbodas têm conicidade. O comprimento da curva numa borda e na oposta tem de ser igual para que caibam o mesmo número de tijolos. (*-5).



2 Figs. IV-95. Momento da construção. Nestas duas imagens, comprovamos que, mesmo a curva da abóboda mudando o raio de giro, o comprimento é o mesmo porque tem o mesmo número de tijolos. (*-5).



Fig. IV-96. Entrada sob a cobertura, no extradorso do leque. (*-5).



Fig. IV-97. Pórtico de entrada e controle, com duplo balanço. (*-5).



2 Figs. IV-98.

Decoração rústica com madeira, couro, ferro fundido e pesadas luminárias. (*-5).



Fig. IV-99. Por ser a abóboda uma conoide, observe que a superfície do tijolo se retorce. (*-5).



Fig. IV-100. Esta vista se abre para a montanha. (*-5).



Fig. IV-101. Os estares têm uma visão livre nos dois sentidos, neste caso para o centro do semicírculo, onde estão as piscinas térmicas ao ar livre. (*-5)



Fig. IV-102. Foto tirada do ponto de convergência das abóbadas. Fica a sensação de que as abóbadas estão sobre uma fachada reta, plana. O cortador de grama era um cordeirinho. (*-5).



Fig. IV-103. Com uma visão lateral, observamos a curvatura na posição das abóbadas. (*-5).



Fig. IV-104. O acabamento das abóbadas é perfeito. Vista do intradorso. (*-5).



Fig. IV-105. Salão de convenções. (*-5).



3 Figs. IV-106. Vista do pátio das piscinas abraçado pelas abóbodas. (*-5).



CAPÍTULO V

ABÓBODAS PARA ENTREPISOS

sistema feito com
sarrafos e costelas



Resumen (español)

Sistema singular creado por el autor. Elementos básicos: el ladrillo, las alfajías y las costillas

Adecuado para: entrepisos de apartamentos, cielorraso, terminaciones rústicas, históricas o para bajar costos. Se describen las características constructivas (Fig. V-14 a la Fig. V-24) y estructurales. Con dibujos y fotos se detalla el proceso de montaje (construcción de bóveda), se muestra la variante con alfajías fijas y con alfajías sueltas. Para este sistema fue creada una herramienta manual para limpiar las juntas (Fig. V-31, Fig. V-32). Hay una descripción detallada de los nervios enriquedores (Fig. V-34 a la Fig. V-38). Mostrando con ejemplos se describen los tipos de terminaciones (Fig. V-42 a la Fig. V-55). Termina el capítulo haciendo una comparación del comportamiento estructural de un edificio hecho tradicionalmente con losas y vigas sometidas a cargas verticales y a la acción del viento, con el mismo edificio hecho con bóvedas (Fig. V-56 a la Fig. V-61).

Summary (english)

Unique system created by the author. Basic elements: brick, joists and ribs

Suitable for: apartment mezzanines, ceilings, rustic and historical completion, or to lower costs. The constructive characteristics (Fig. V-14 to Fig. V-24) and structural features are described. With drawings and photos the assembly process is detailed (vault construction), the variant with fixed joists and loose joists is shown. For this system, a manual tool was created to clean the joints (Fig. V-31 to Fig. V-32). There is a detailed description of the corrugating nerves (Fig. V-34 to Fig. V-38). By examples, the types of completions are described (Fig. V-42 to Fig. V-55). The chapter ends by comparing the structural behavior of a building traditionally made with slabs and beams subject to vertical loads and the action of the wind, with the same building made with vaults (Fig. V-56 to Fig. V-61).

1

UM SISTEMA SINGULAR

Há uma reflexão para todos os sistemas que ainda não foi dita. Quem, lendo ou estudando este livro em sequência, notará que existe um mesmo espírito da coisa, que diz: Que maravilha esta curva e esta cerâmica! Como de um dia para o outro vai ficando uma coisa tão bela!

Outra das questões que está presente é a parte debaixo, ou seja, a parte visível fica pronta, só precisa levar uma limpeza. Veja nas Figs. V-1, V-2, V-3, em forros internos ou entre pisos feitos com este sistema, como fica um perfeito acabamento.



Fig. V-1. Abóboda de entrepiso. (*-5).

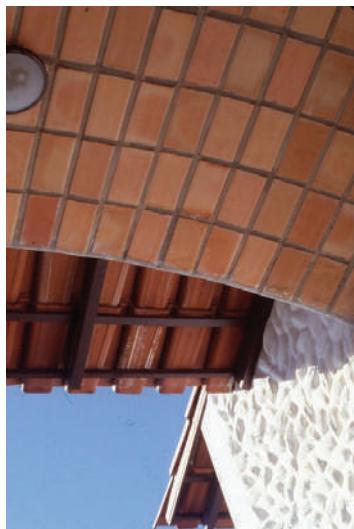


Fig. V-2.
Abóboda
do último
andar. (*-5).



Figs. V-3. A posição e a junta dos tijolos é perfeita. Querendo se podem colocar tijolos mais claros ou mais escuros, ou mesmo com a face vitrificada. Também se pode aplicar um verniz especial. Neste exemplo, algumas abóbadas são para entrepisos enquanto outras apenas para forros. (*-5).

1.1 - ELEMENTOS BÁSICOS

Os elementos com que é possível fazer o sistema são três: o tijolo maciço ou com 2 furos, os sarrafos e as costelas.

- **O tijolo** é o comum, as suas dimensões são pela norma 9 x 19 x 5 cm., e podem ser de campo ou de máquina de olaria, maciços ou de 2 furos redondos ou quadrados. São sempre colocados de espelho.

- **Os sarrafos** de madeira de $1\frac{1}{2}$ " x $1\frac{1}{2}$ " (comprimento 3.30 m., 5 m., etc.), sem desempenar, depois de utilizados, são totalmente recuperados, podendo ser reutilizados – elementos auxiliares que não se perdem.

- **As costelas**, chamadas meias-luas, são cortadas em tábuas de madeira de 1" ou em compensado de 10 mm. Marcam a curvatura da abóboda, e são totalmente recuperadas depois de montada a abóboda.



Fig. V-4. Nesta figura, se observam os três elementos básicos para montar a abóboda: as costelas, os sarrafos e os tijolos que nesta ocasião são de 2 (dois) furos quadrados. (*-5).

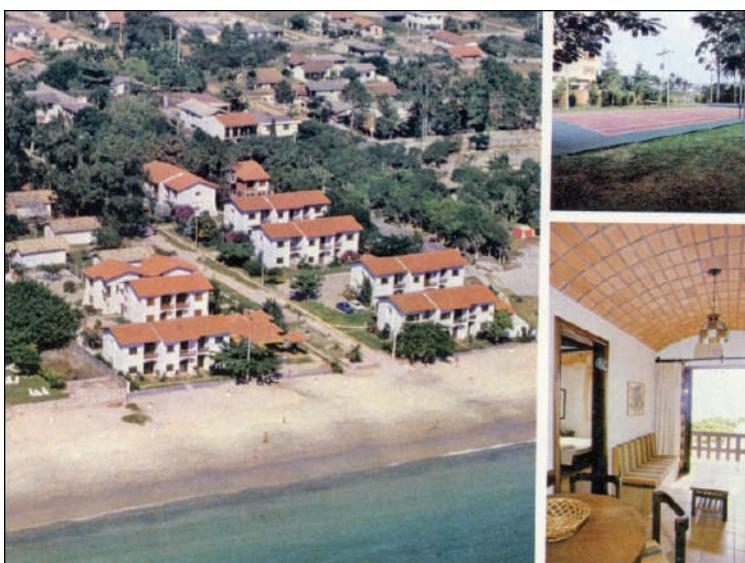
1.2 - QUANDO ESTE SISTEMA É CONVENIENTE?

- Muito adequado para **entrepiso** de apartamentos onde a separação de um dos vãos entre paredes paralelas é menor ou igual a 4.00 m. ($e \leq 4.00$ m.). Igualmente se usa, sem inconvenientes, entre vãos de 5.00 m. a 1.00 m. (corredor).

- Pela economia, é conveniente para **forros** em geral, em especial para corredores, banheiro etc..

É lógico que esta solução será requerida se o arquiteto está querendo passar uma mensagem de singelismo e sobriedade, de autenticidade e aca-

bamentos mais rústicos, isto é, quando quer dar um contraste entre polimento e brilho com o fosco tijolo. Também se adequa muito bem quando se quer dar um aspecto antigo, com paredes de pedra ou paredes antigas das quais foi retirado o reboco, etc.. Ainda se o projeto é um conjunto habitacional, em que se quer baixar os custos e dar rapidez à construção. Normalmente, os projetos onde vai ser aplicado tal sistema construtivo, já estão ajustados para favorecer a operação.



3 Figs. V-5. Esta é uma foto tirada do folheto de promoção do apart-hotel "Village Paraíso", na praia de Canasvieiras - Santa Catarina. Nela se faz promoção ressaltando o aspecto despojado dos ambientes ao ter o forro com tijolo à vista. Ano 1979. (*-5).



Figs. V-6 e V-7. O conjunto do apart-hotel é de 2 (dois) pavimentos, poderia ser de mais pavimentos. Neste caso, a abóboda de baixo substitui e dá o acabamento do que seria a laje de entrepiso. A abóboda de cima é forro, e sobre ela vai o telhado com telha de barro. (*-5).

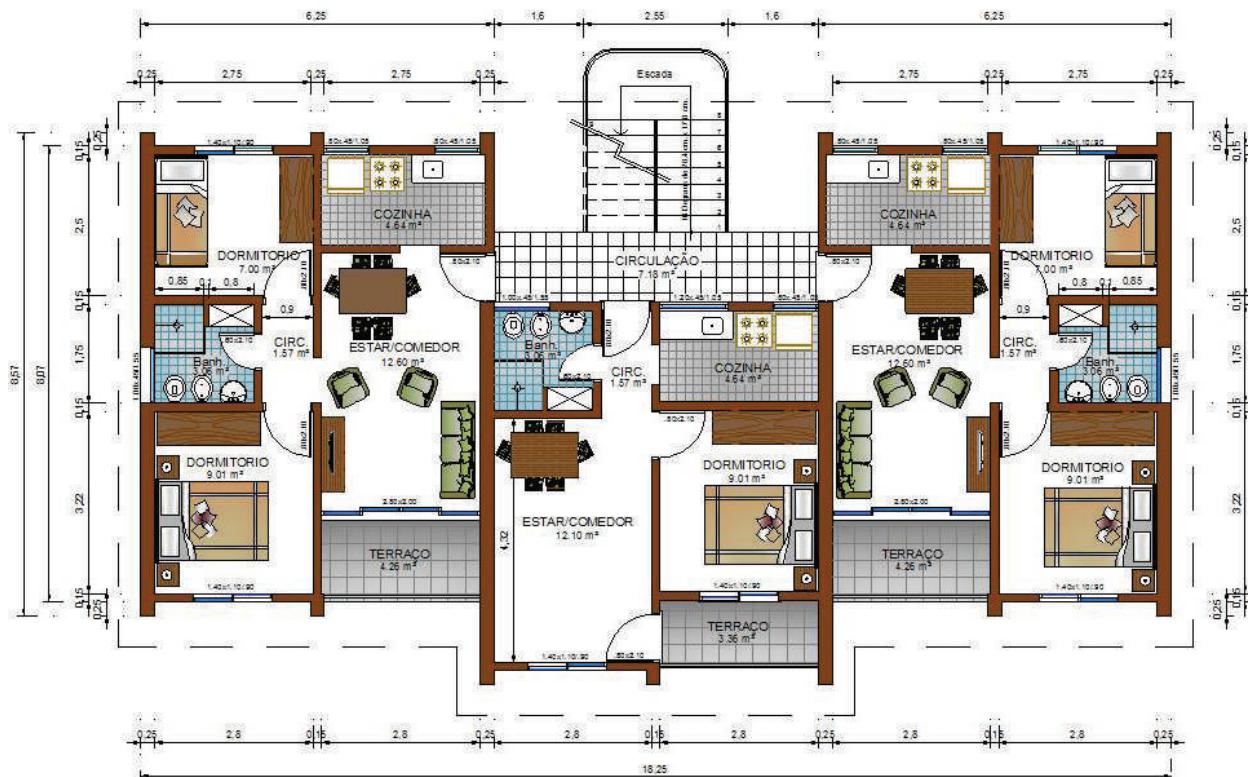


Fig. V-8. Planta Baixa do bloco com 6 apartamentos, 3 por andar. Nota-se que, no projeto, existe uma intenção clara de sua adaptação a esse sistema de abóbodas. (*-5).

1.3 - CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

- É um sistema de abóbadas com flecha (f) pequena $f \leq 50$ cm.
- O tijolo é colocado de espelho na abóboda.
- Não leva armadura na junta dos tijolos.
- A rigidez da abóboda à flambagem transversal está dada pelas nervuras transversais feitas no extradorso e pelo enchimento de cascalho colocado

no oco, que fica entre a abóboda e o piso do andar de cima.

- A abóboda não leva por cima uma camada de concreto, apenas leva 1 cm. de argamassa seladora e regularizadora.

- A função dos tensores é cumprida pelas vigas-cintas de concreto sobre as paredes.

1.4 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS

Estas abóbadas estão apoiadas lateralmente sobre paredes. Ao serem usadas para entrepiso de vários andares ou para forros, não é como abóboda autoportante. No caso em que o profissional da estrutura queira transformá-la em autoportante, não teria inconveniente dentro de certos limites.

O comportamento estrutural é de um arco que trabalha em compressão apoiado na cinta da parede,

consequentemente terá empuxos horizontais que são contra-restados pelo empuxo no sentido contrário do vão seguinte (Fig. V-9).

A lateral extrema do último vão não tem força horizontal contra restando; neste caso, faz-se uma viga para o interior, seguindo o caiamento da abóboda, e se dimensiona para que sustente esse esforço do vão entre 2 cintas transversais de paredes ou pilar (Fig. V-10).

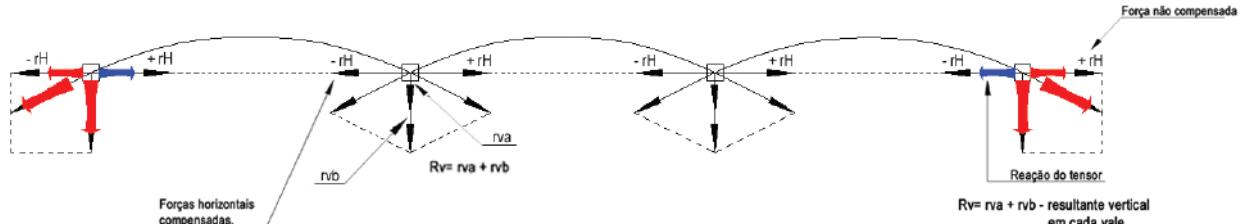


Fig. V-9. Esquema das descargas e dos empuxos horizontais. (*-5).

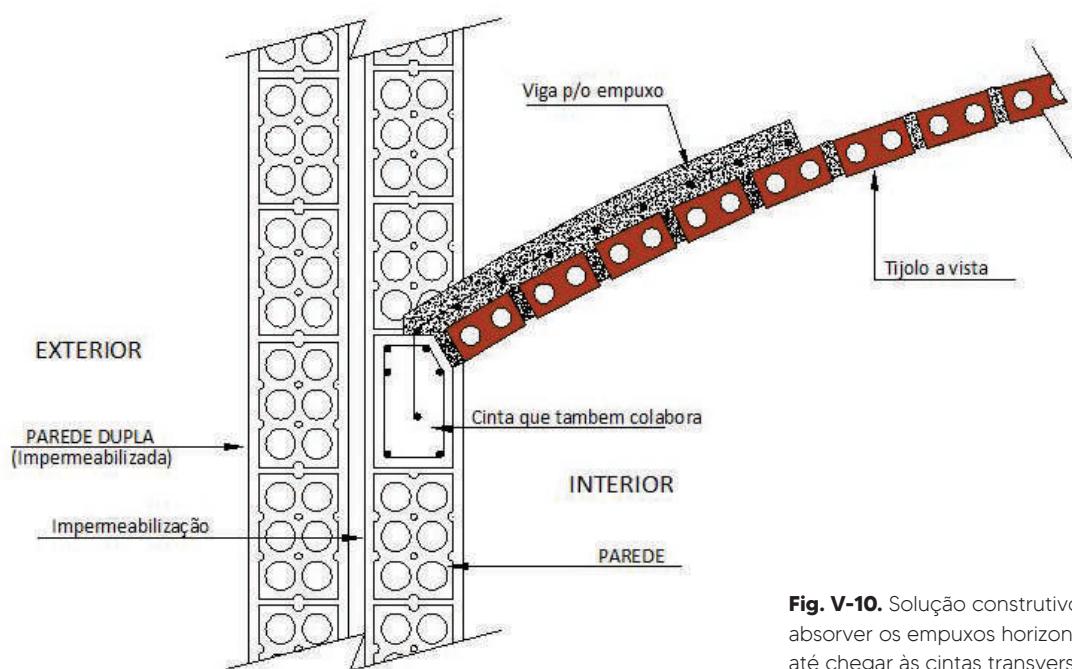


Fig. V-10. Solução construtivo-estrutural para absorver os empuxos horizontais das abóbadas até chegar às cintas transversais. (*-5).



Fig. V-11. Fotos dos extremos dos blocos do apart-hotel onde se mostra que não é necessária uma aba horizontal para absorver os empuxos. Foi feita a solução do detalhe da figura anterior. (*-5).



Fig. V-12. Vista externa do conjunto. (*-5).

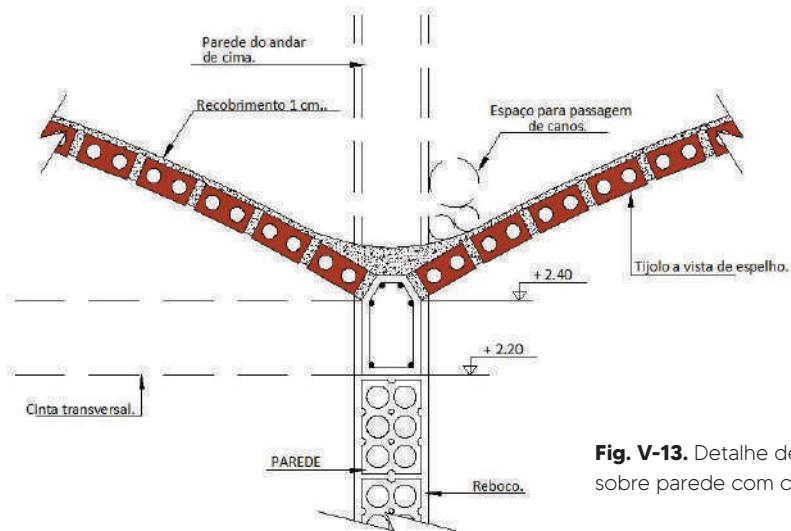


Fig. V-13. Detalhe de junção de abóbadas sobre parede com cinta. (*-5).

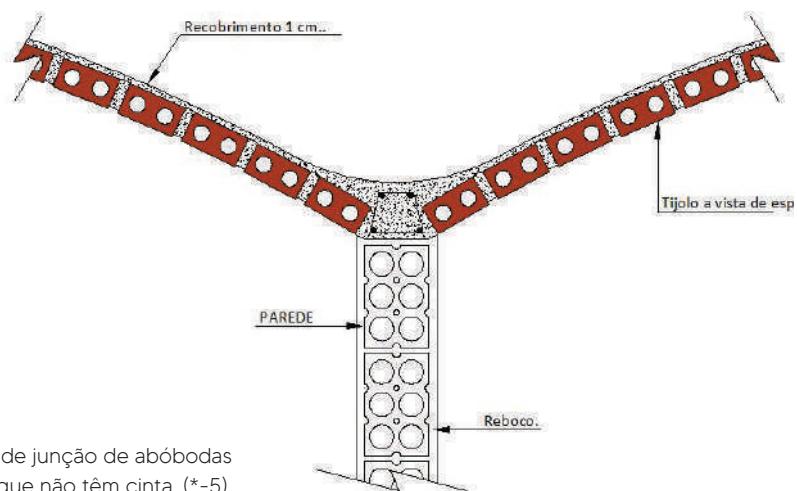


Fig. V-14. Detalhe de junção de abóbadas em paredes que não têm cinta. (*-5).

2

PROCESSO DE MONTAGEM

Antes da montagem das abóbadas, é importante que as paredes e as cintas de concreto estejam prontas

1^a ETAPA – PREPARAÇÃO PRÉVIA

Num contrapiso liso ou num compensado se faz suavemente a curva que está no projeto, e se verifica que cabe um número exato de tijolos com suas respectivas juntas. Se necessário, aumenta-se ou diminui levemente a curva segundo necessidade e mantendo a mesma corda inicial, só a flecha da curva inicial se modifica. Isto se faz e se arrisca em cima de uma chapa de compensado (Fig. V-15). Por serem as flechas pequenas – $f \leq 50$ cm, a curva a ser usada é um arco de circunferência que, nessas circunstâncias, considera-se que é igual à catenária.

À continuação se procede a marcar e fazer as costelas utilizando tábuas de 1", ficando uma separação entre as costelas e o tijolo à passagem dos sarrafos (Fig. V-16). Nas costelas, marca-se um lado da futura posição dos sarrafos e se prega um prego sem cabeça do lado do cimento da curva. Todas as outras costelas são feitas iguais à primeira, sendo assim o posicionamento do sarrafo na curva é perfeito. Isto se faz uma só vez, ao começar a etapa dos entrepisos na obra.



Fig. V-15. Preparando a costela. (*-5).



Fig. V-16. Tem que caber um número exato de tijolos. (*-5).

Nestas figuras, nota-se que se procede como se fosse em caderno: risca-se a curva no contrapiso ou sobre um compensado preferentemente com a corda (*c*) e a flecha (*f*) predeterminados, testa-se com os tijolos deixando um espaço equivalente à junta (gabarito), começa-se do meio para os lados. Se não der certo, acerta-se abrindo ou fechando as juntas levemente; isto deve ser feito pelo pedreiro, que vai montar a abóboda. Mede-se exatamente o comprimento da curva e se divide pelo número de

tijolos, depois se marca na curva o meio dos tijolos; repare, teremos uma junta a mais que o número de tijolos, que deve ser levada em conta.

Após estar seguro de que essa é a tal curva definitiva (é um arco de circunferência), faz-se a costela cuja borda curva é também um arco de circunferência com o mesmo centro e com o raio menor do que o raio da abóboda, num valor igual à espessura do sarrafo que servirá para a montagem da abóboda (Fig. V-17).

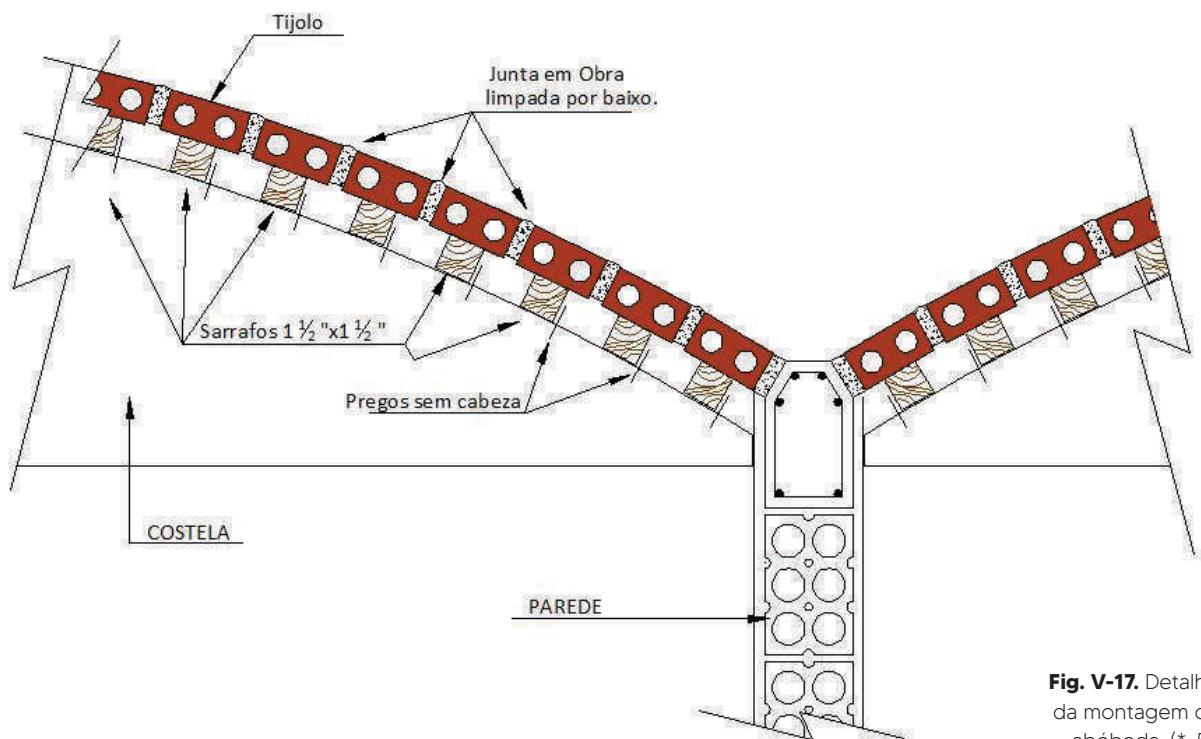


Fig. V-17. Detalhe da montagem da abóboda. (*-5).

2^a ETAPA – COLOCAÇÃO DAS COSTELAS

As costelas devem ser colocadas na mesma altura e em alinhamento perfeito (Fig. V-18). Para os vãos que estamos considerando, normalmente, são apoiadas em duas (2) ou três (3) escorras que são travadas entre si por tábuas ou sarrafos. As costelas se colocam separadas entre 0,90 cm. e 1,20 m., dependendo da qualidade dos sarrafos.

Fig. V-18. As costelas que devem ser iguais estarão alinhadas e no mesmo nível, no começo se usam somente duas (2) escorras. (*-5).





Fig. V-19. Costelas separadas aprox. 1,20 m..
Fechada a cobertura, no outro dia de manhã
cedo se começa a retirar as escorras e
baixar as costelas e os sarrafos. (*-5).



Fig. V-20. Costelas numa
circulação de 1,20 m. de
largura com 2 separadas
entre si 1,10 m. (*-5).



Fig. V-21. Aqui a circulação faz ângulo.
Devemos colocar uma costela na diagonal e
convergente a ela, colocamos duas costelas,
uma a cada lado, e iguais às da circulação. (*-5).

3^a ETAPA – O USO DOS SARRAFOS E COLOCAÇÃO DOS TIJOLOS

A seguir, mostramos duas formas diferentes de utilizar:

- a) Fixando levemente os sarrafos nas costelas e colocando a moldura sobre os sarrafos para o acabamento, para logo colocar o tijolo; o sarrafo fica sob a junta longitudinal dos tijolos (Figs. V-23 e V-24).
- b) Colocar os sarrafos soltos, encostados nos pregos segundo a Fig. V-17, ficando abaixo do meio de onde vai ficar o tijolo, limpando manualmente as juntas (Figs. V-30 e V-31).

Por inúmeras razões, a experiência mostrou amplamente que a opção b) era a mais conveniente. Em certas ocasiões devem ser cortados os extremos laterais de alguns sarrafos, pois enfrentam as cintas das paredes, (Fig. V-22). Esta segunda opção ou opção b) dá liberdade e flexibilidade de montagem, o mesmo ocorre com a desmontagem, que permite uma recuperação sem corte dos materiais auxiliares.

Fig. V-22. Sarrafos cortados junto às cintas de parede. (*-5).



3^a Etapa – opção “a” – Trabalhando por cima. Usando sarrafos fixos



Fig. V-23. Trabalhando por cima com sarrafos fixos. (*-5).



Fig. V-24. As molduras são móveis. (*-5).

Este é um exemplo usando sarrafos fixos. Esta obra foi feita na praia de Jurerê, na ilha de Santa Catarina. Foram colocadas todas as costelas da frente ao fundo da abóboda, e os sarrafos ponteados nas costelas (Fig. V-23). Os sarrafos ocupam a posição debaixo da junta entre tijolos. No detalhe (Fig. V-24), observa-se a posição das molduras para fazer as juntas. A sequência da colocação das molduras é a seguinte: supomos que já colocamos a primeira fiada e nos aprontamos para colocar a segunda fiada. Supõe-se que está sendo feito por um pedreiro normalmente correto, que coloca as linhas correspondentes, etc., etc..

1º – Colocamos a moldura longitudinal que tem, mais ou menos a 1,50 m. de comprimento, do lado dos tijolos já colocados, como a da (Fig. V-24), esta moldura está solta, sem prego.

2º – Logo colocamos soltas as molduras das juntas transversais.

3º – Logo, estamos trabalhando por cima e começamos a colocar a segunda fiada de tijolo, no sentido longitudinal da abóboda.

4º – Ao chegarmos ao extremo da moldura longitudinal (a primeira colocada), começamos a puxá-la (deslizá-la) na medida em que achamos que na primeira ponta a argamassa está firme e mantém a reentrância da junta.

5º – Logo após começamos a puxar e retirar as primeiras molduras transversais, estando firmes a argamassa de suas juntas e manter a reentrância. Para reaproveitá-las mais adiante, as molduras de madeira são retiradas. Ao estarmos próximos ao

meio ou lombo da abóboda, deve-se iniciar o outro lado. De fiada em fiada completamos a abóboda.

6º – Se as abóbodas são simplesmente apoiadas nas laterais, faz-se um capeamento de 1 ou 1,50 cm. com alguns reforços no vale, segundo detalhes já vistos (Fig. V-13 e Fig. V-14). Se as abóbodas são autoportantes, seguramente, levarão armaduras de acordo com o projeto estrutural, assim como uma camada de concreto com a espessura dimensionada pelo projeto.

7º – O avanço da obra é lateral, com duas abóbodas completas com costelas e sarrafos de frente a fundo.

No outro dia da concretagem da primeira abóboda, começa-se a retirar salteando e com bom critério as escoras, por exemplo, as do meio das costelas. Após, igualmente, afrouxam-se as cunhas das escoras, pouco a pouco e com muito cuidado. Uma irregularidade pode trincar a abóboda e a colapsar.

Retiradas as escoras, costelas e sarrafos, o passo seguinte é montar os mesmos na 3^a abóboda lateral. Como os sarrafos foram apenas ponteados nas costelas, saem fácil. Também se deve fazer uma limpeza por baixo da abóboda, retirando rebarbas de argamassa ou manchas de nata de cimento.

Com essa solução construtiva o contrapiso é de um apart. hotel é feito, na praia de Jurerê, Ilha de Santa Catarina. A maioria das abóbodas eram apoiadas lateralmente, e outras autoportantes. Esta solução com sarrafos fixos e trabalho por cima é muito adequada quando se tem muitas abóbodas iguais e do mesmo comprimento.

Neste exemplo, eram 18 abóbodas iguais de 11 m. de comprimento de canhão. (Fig. V-25 e Fig. V-26)



Fig. V-25. Vista aérea do conjunto. (*-5).



Fig. V-26. Detalhe do Apart Hotel. (*-5).

3^a Etapa – opção “b” – Trabalhando por baixo. Usando sarrafos soltos

Temos nas costelas os pregos sem cabeça salientes que marcam a posição dos sarrafos que neles se encostam (Fig. V-17). O pedreiro começa de um lado da abóboda e termina no outro, junto ou próximo da outra parede (Figs. V-27, V-28, V-29).

Põem-se os tijolos por cima do sarrafo, justo no meio dele. Usa-se linha para gabaritar o tijolo (Figs. V-29, V-30), após colocados muitos tijolos numa faixa não maior que 60 cm. O pedreiro, de acordo com sua experiência, procede a limpar e caprichar as juntas

por baixo. Nas juntas transversais, além da colher de pedreiro, usa-se o limpador de juntas (Figs. V-31, V-32). Sempre se deve aprimorar no que tange ao acabamento da face com o tijolo à vista (Figs. V-39, V-41).

O fechamento da abóboda se faz próximo à outra parede para que o pedreiro possa subir na parede ou em andaime no vão do lado que está vazio, e trabalhar também por cima, facilitando a colocação da última fiada (Fig. V-29). No ângulo de duas abóbodas iguais, vai haver recorte de tijolo (Fig. V-21).



Fig. V-27. O tijolo vai em cima do meio do sarrafo. Começa de um lado e vai para o outro lado, o trabalho se faz por baixo. (*-5).



Fig. V-28. Quando a abóboda é pequena e não tem outras nas laterais, algum pedreiro trabalha por cima e outro por baixo. (*-5).



Fig. V-29. Similar à Fig. IV-28. Nesses casos, a costela se apoia em duas (2) escoras. (*-5).



Fig. V-30. Colocando os tijolos. O pedreiro acrescentou um mini andaime sobre a plataforma do andaime para estar na altura adequada com os cuidados de uma parede normal de espelho. (*-5).



Fig. V-31. Limpando as juntas com o dispositivo da Fig. V-32. (*-5).

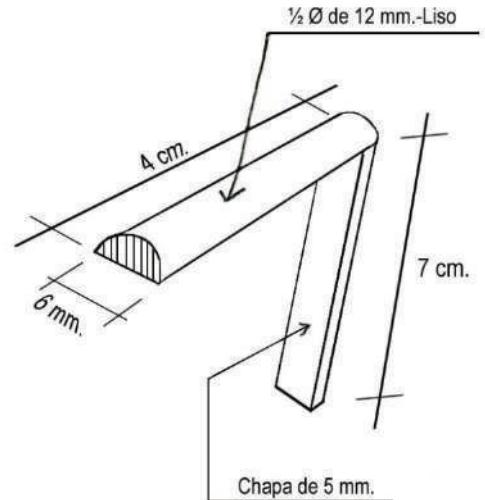


Fig. V-32. Ferramenta criada para ajudar a limpar as juntas, principalmente as transversais as que estão entre os sarrafos e o tijolo ou as longitudinais em cima das costelas. (*-5)

4^a ETAPA – RETIRADA DOS ELEMENTOS AUXILIARES

Além da colocação dos tijolos, é necessário que esteja pronto o capeamento de 1 cm. e os acabamentos dos vales para começar a retirar as escoras. Se porventura uma abóboda ou um trecho

da mesma é autoportante, a mesma levará uma camada de concreto de 4 ou 5 cm. com armadura na volta e no vale (Fig. V-33).



Fig. V-33. Abóboda autoportante com armaduras e camada de concreto. (*-5).

As escoras se afrouxam com o seguinte critério:

- 1º – Afrouxam-se as cunhas das escoras do meio se tem mais de 2 escoras.
- 2º – Logo se afrouxam todas de um lado só e em sequência.

3º – Após, baixa-se bastante a última escora e, portanto, a costela.

- 4º – Os sarrafos são retirados por uma ponta.
- 5º – Após se retirar o resto, leva-se para o vão em que vai ser montada a próxima abóboda.

5^a ETAPA – NERVURAS TRANSVERSAIS PARA ENRIJECIMENTO

Estas abóbodas, por serem muito delgadas (6 cm. de espessura), na Espanha são chamadas de “abóbodas tabicadas”, vem de tabique, parede (fina). Consequentemente, é necessário dar rigidez transversal para evitar a flambagem e o colapso. Para isso, fazem-se nervuras de 5 a 8 cm. de espessura (Fig. V-35). Quando estão em forro, colocam-se nervuras a cada 1,50 m. sem armadura. Se são para entrepiso a nervura tem espessura de 8 cm. e estão armadas. Quando o piso de cima da abóboda é assoalho, separam-se as nervuras a cada 50 cm. com 5 cm. de espessura e na borda

superior da nervura se fixa, em todo o comprimento, um sarrafo, onde será parafusado o assoalho. Os triângulos laterais por cima das abóbodas ficam ocos. No caso de outra solução de piso, os ocos são preenchidos com cascalho ou outro material a granel que se disponha.

Nos ocos se fazem passar os canos de esgoto, energia, etc. (Fig. V-38). Estas nervuras podem servir de tensor se colocarmos dentro delas armadura correspondente. O piso sobre o material a granel, se coloca em cima do alisado de cimento.



Fig. V-34. Já foi feito um conjunto de abóbodas, mas ainda não foram feitas as nervuras de rigidez. (*-5).



Fig. V-35. Nervuras de rigidez de concreto não armado. (*-5).

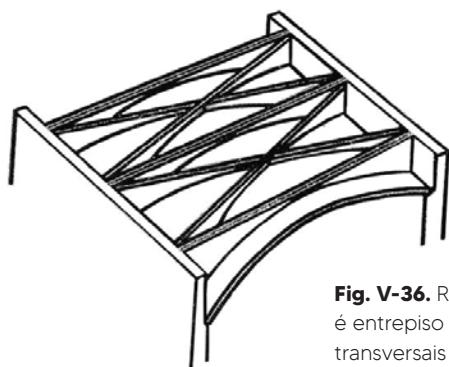


Fig. V-36. Reforço de nervura quando é entrepiso com uma só abóboda. As transversais com armadura no lombo. (*-5).



Fig. V-37. Formas padronizadas reaproveitáveis para as nervuras. (*-5).

Fig. V-38. Canos verticais nos ocos das abóbodas onde também passam os canos horizontais. (*-5)

6^a ETAPA – LIMPEZA E CONSERTOS – ACABAMENTOS FINAIS

Nesta etapa, revisam-se todas as juntas e se tiram todas as rebarbas, e nos tijolos manchados deve passar-se líquido especial com um pano para

tirar a mancha. Se houver necessidade se enche o que esteja faltando na junta.



Fig. V-39. Uma vista da sala e da cozinha com o forro de tijolo à vista. (*-5).



Fig. V-40. Somente se nota as abóbodas nas sacadas, mas no resto os forros e entre piso também são de abóbodas com tijolo à vista. (*-5).



Fig. V-41. Com vista ao mar uma perspectiva desde a sala e a sacada. (*-5).

3

EXEMPLOS DE ACABAMENTOS

Tais exemplos de acabamentos correspondem a uma abóboda cuja geratriz é uma semi-elipse. É a cozinha de uma fazenda, cujas paredes laterais são a continuação da cobertura. É muito importante a limpeza e a coordenação das juntas, porque estão muito próximas aos nossos olhos.



Fig. V-42. Está sendo mantida a coordenação das juntas. (*-5).



Fig. V-43. A rusticidade se mantém na parede. (*-5).



Fig. V-44. Nas paredes laterais tudo é feito com tijolo de espelho. (*-5).



Fig. V-45. Nos encontros de abóbadas em ângulos haverá recorte de tijolo, se bem coordenados fica muito bom. (*-5).



Fig. V-46. Neste caso, foi pendurada da abóboda, uma coifa de argamassa armada. (*-5).



Fig. V-47. Forro de banheiro comduto de ar condicionado. (*-5).



Fig. V-48. Forro de adega comduto de ar condicionado para manter a temperatura dos vinhos. (*-5).



Fig. V-49. Banheiro com abóboda. (*-5).



Fig. V-50. Forro de corredor ainda sem limpar, com duto de ar condicionado. (*-5).



Fig. V-51. Abóboda com a cor clara do tijolo. (*-5).



Fig. V-52. Tijolo armado em entrepiso, onde a abóboda virou laje horizontal. (*-5).



Fig. V-53. Vista da fazenda onde se fizeram forros e entrepisos de abóbadas. (*-5).



Fig. V-54. Vista lateral com aplicações de abóbadas. (*-5).



Fig. V-55. Detalhe da fazenda com entrepiso. (*-5).

4

COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE UM EDIFÍCIO FEITO COM ABÓBODAS DE ENTREPISO

4.1 - UMA VISÃO PRÉVIA

Este sistema, como se deduz do já visto, pode ser usado em edifício em altura. Neste caso, seria uma opção para substituir a laje, buscando não fazer o reboco da mesma, o que diminui os acabamentos, os tempos de obra e os custos, e não usar armadura na abóboda, visto que trabalha em compressão. Ainda pode ser uma opção procurar dar identidade

e uma rusticidade em construções para férias junto à praia, como o do exemplo no apart-hotel na praia de Canasvieiras, em Santa Catarina.

Colocamos como exemplo um edifício onde a maior parte do projeto das plantas está inserido numa estrutura modular de 3,5 m. x 5 m., onde as paredes não são portantes.

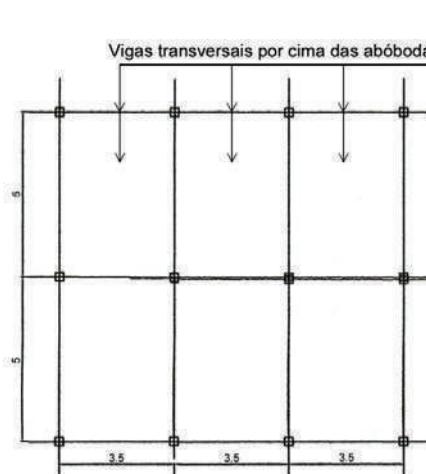


Fig. V-56. Planta baixa da estrutura, as vigas transversais estão por cima das abóbodas. (*-5).

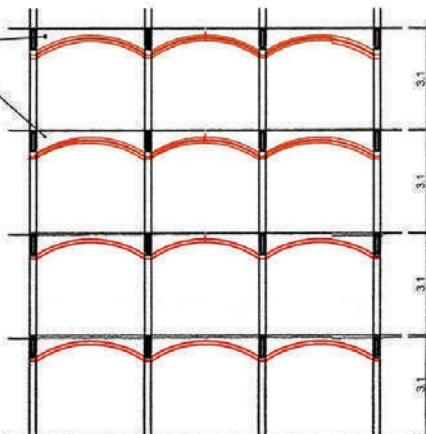


Fig. V-57. Corte transversal da estrutura com abóbodas. Vemos as vigas transversais por cima das abóbodas, sua parte menor é no meio do vão. (*-5).

4.2 - OS EFEITOS DAS CARGAS SOBRE A ESTRUTURA COM ABÓBODAS

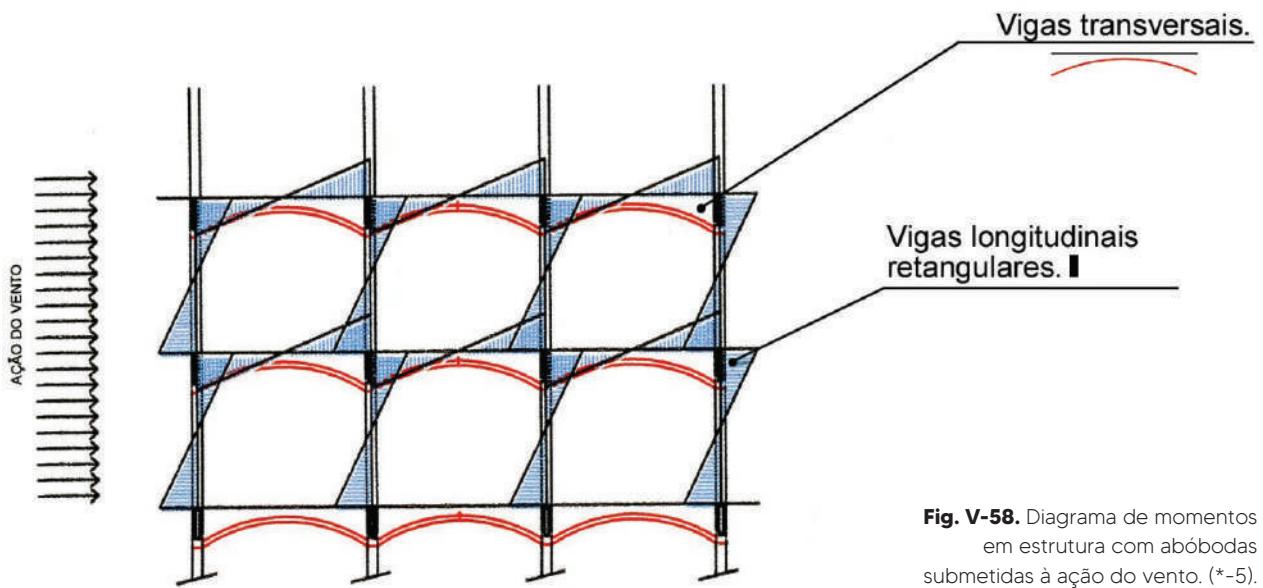


Fig. V-58. Diagrama de momentos em estrutura com abóbodas submetidas à ação do vento. (*-5).

Neste exemplo de porção de estrutura com abóbodas submetidas ao efeito do vento, observa-se que no meio onde diminuiu a altura da viga

e sua capacidade resistente se faz praticamente zero, o momento provocado pela ação do vento também é nulo.

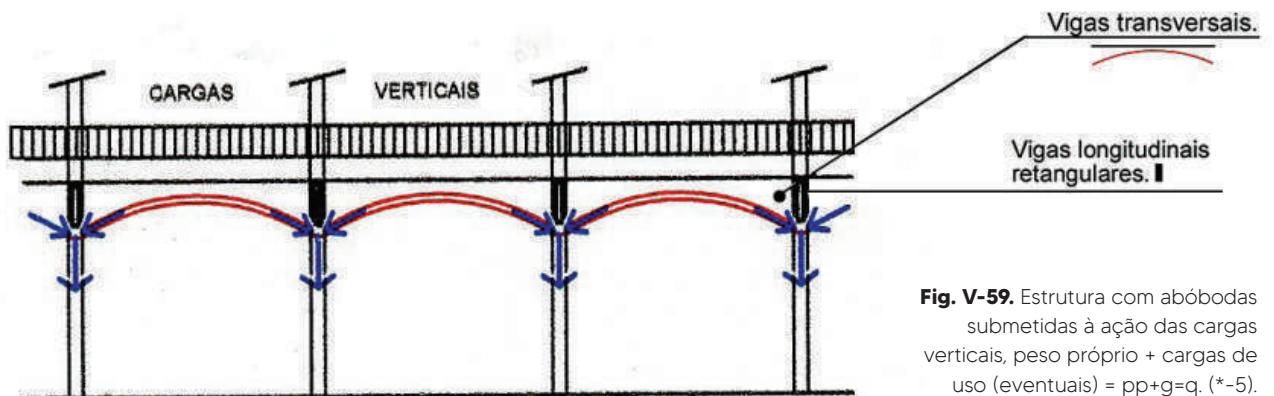


Fig. V-59. Estrutura com abóbodas submetidas à ação das cargas verticais, peso próprio + cargas de uso (eventuais) = $pp+g=q$. (*-5).

Observe que as cargas verticais não atingem as vigas transversais; seu efeito é absorvido pela abóboda que substitui a laje. Pelo seu formato, a abóboda trabalha em compressão e leva a resultante

das cargas à viga longitudinal, como mostram as flechas da Fig. V-56. Nesta viga, as resultantes laterais se transformam em resultante vertical. Neste caso, não existem momentos na viga transversal.

4.3 - OS EFEITOS DAS CARGAS SOBRE A ESTRUTURA CONVENCIONAL, RETICULADA

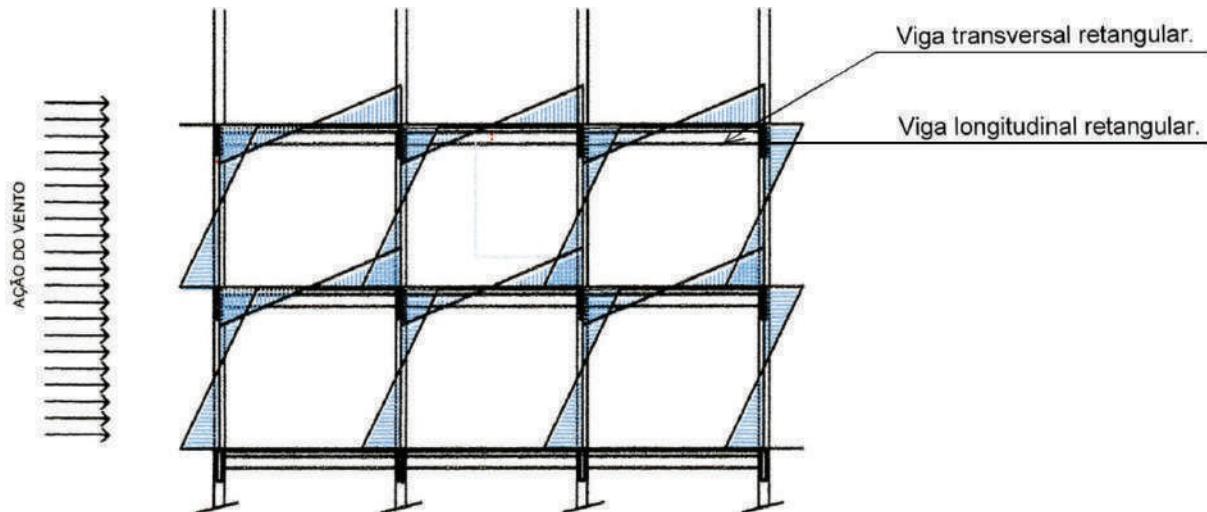


Fig. V-60. Diagrama de momentos de uma estrutura convencional submetida à ação do vento. (*-5).

Os diagramas de momentos são iguais aos vistos na estrutura com abóbodas, com a diferença de que, no caso de ter abóboda, o perfil da viga transversal

segue a lógica dos momentos, ou seja, maior onde existe mais momento e é nula onde o momento é nulo. Essa lógica significa economia em todos os sentidos.

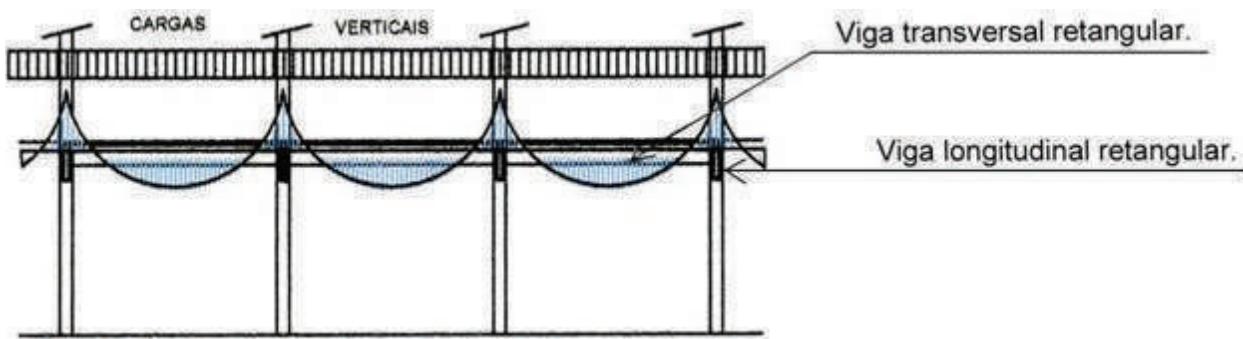


Fig. V-61. Diagrama de momentos de uma estrutura convencional submetida a cargas verticais na laje. (*-5).

Neste cenário, aparecerem nas lajes e vigas momentos similares aos da Fig. V-58. No caso de ter abóboda em lugar de laje, não se tem esses momen-

tos, pois está tudo em compressão. Quem se encarrega da sustentação é a viga longitudinal. Observe que com as abóbodas nenhuma viga fica aparente.



Fig. V-62. Vista de conjunto do Village Paraíso depois de arborizado. (*-5).



CAPÍTULO VI

A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS ABÓBODAS



Resumen (español)

La industrialización de las bóvedas

Buscar más calidad final, mayor rapidez de producción y menor costo. Como consecuencia del sistema ya visto P. y C. (Pre-moldeados y Cimbras) cuyos componentes son estandarizados, el avance para la industrialización está a un paso. Antecedentes en la década de los 60 del siglo XX en Europa y en Argentina. Surge en la construcción diversos sistemas constructivos para losas de entre piso usando componentes industrializados: viguetas y bovedillas. Se transpone con adaptaciones estos elementos al sistema P. y C. para bóvedas. Estos son componentes de catálogo, es una “industrialización abierta”. Podemos hacer una bóveda con componentes de fábricas diferentes. Comparado con las losas horizontales la filosofía es la misma, la diferencia está en que los elementos largos industrializados (vigueetas) en las bóvedas se apoyan en las cimbras curvas y la superficie generada en vez de ser plana es curva. Se muestra una variedad de viguetas: las hechas en obra con cerámica, las de hormigón de fábrica, las de hierro trianguladas y hormigón etc. (Fig. VI-7 a la Fig. VI-12). Se muestra las costillas intermedias y algunos tipos de bovedillas para diferentes finalidades.

Se detalla la fabricación en obra de las viguetas de hormigón con hierro triangulado (Fig. VI-18 a la Fig. VI-22, Fig. VI-24 a la Fig. VI-26). También con imágenes, se muestra el montaje de losas y bóvedas con aislación de espuma plast (Fig. VI-27 a la Fig. VI-44). Alternativas de soluciones con viguetas “Stalton”. Paso a paso del montaje de bóvedas, propiedades de las bóvedas industrializadas. Conclusiones.

Summary (english)

The industrialization of the vaults

Searching for better final quality, faster production and lower cost. As a consequence of the already seen P. and C. system (Pre-molded and Formwork) which components are standardized, the progress for industrialization is a step away. Background in the 60s of the twentieth century in Europe and Argentina. Different construction systems for floor slabs using industrialized components arose in the construction: joists and vaults. These elements are transposed with adaptations to the P. and C. system for vaults. These are catalog components; it is an “open industrialization”. We can make a vault with components from different factories. Compared with horizontal slabs, the philosophy is the same, the difference is that the curved forms support the long industrialized elements (joists) in the vaults and the surface generated instead of being flat is curved. A variety of joists is shown: those made on site with ceramics, those of factory concrete, those of triangulated iron and concrete, etc. (Fig. VI-7 to Fig. VI-12). It shows the intermediate ribs and some types of bullets for different purposes.

The manufacturing at work of the concrete joists with triangulated iron is detailed (Fig. VI-18 to Fig. VI-22, Fig. VI-24 to Fig. VI-26). Also with images, the assembly of slabs and vaults with foamed plast insulation is shown (Fig. VI-27 to Fig. VI-44). Alternative solutions with “Stalton” joists. Step by step of the assembly of vaults, properties of the industrialized vaults. Conclusions.

1

ANTECEDENTES

Sabemos que tudo o que se refere à construção ou a qualquer outra atividade de produção procura ser otimizada, dando mais qualidade ao produto final, mais rapidez de produção e menos custo final.

Decorrentes do sistema construtivo original em fazer abóbodas com “pré-moldados longos reguados e cimbres guias (cambotas)”, o sistema P. e C. (Pré-moldados e Cambotas), em que os pré-moldados, embora feitos manualmente, já eram padronizados, o mesmo para os cimbres guias. Desta maneira, a porta de abertura para industrialização de componentes fica estabelecida.

A dificuldade de ter madeira em grande quantidade a baixo custo para fazer formas para as lajes de concreto levou, na década de 60 do século passado, ao aparecimento de sistemas de tavelas cerâmicas e vigotas ao mercado da cons-

trução, principalmente na Europa, na Argentina e Uruguai. Na Espanha, em 1971 foi, publicado pelo “Servicio Informático de la Construcción - SINCO” de Bilbao, um compêndio com mais de 100 páginas de todos os sistemas construtivos para lajes oferecidos às indústrias do país através de respectivos catálogos, com explicações de montagem e métodos de dimensionamento.

O sistema construtivo de abóbodas antes nomeado, foi criado e começado a ser utilizado em 1964, uma solução veio ao encontro da outra.

Em 1970, nos cursos de pós-graduação, foi apresentado pelo autor Arq. Brizolara, ao Instituto Nacional de La Vivienda - INV, do Ministério de la Vivienda em Madrid, Espanha, uma tese de finalização de cursos, referente ao uso de componentes industrializados na confecção de abóbodas.

2

COMPONENTES DE CATÁLOGO

O importante para industrializar o sistema construtivo das abóbodas é que se possam utilizar componentes de catálogo, uma industrialização aberta. Isto quer dizer que são componentes industrializados (vigotas e tavelas) que podem ser escolhidos na indústria, que podemos cotejar as condições de preço, qualidade, entrega, etc., e que, além disso,

podemos intercambiar componentes segundo a nossa conveniência. Por exemplo, vigotas de uma fábrica e tavelas de outra. Esta possibilidade, além das muitas vantagens, permite alternativas visuais de acabamento. Em desenhos e fotos da obra a seguir, veremos estas alternativas. Os componentes industrializados (vigotas e tavelas) terão sempre

uma qualidade constante, com dimensões estáveis, resistência constante e controlada, quase a mesma cor, acabamento estável e entrega ao empresário ou construtor planejada.

Em determinadas circunstâncias, as vigotas podem ser levemente protendidas, o que evita a quebra das mesmas no manuseio em obra. No campo da construção, aqui no Brasil, existe uma infinidade de sistemas para lajes horizontais apoiadas em vigas que se faz com vigota e tavelas.

Faz mais de 60 anos que a indústria fabrica vigotas e tavelas, algumas vigotas se completam

em obra, outras já vêm prontas na medida, de fácil adaptação ao sistema construtivo inovador de abóbodas com "pré-moldados longos, reguados e cambotas" (P. e C.).

Isso significa que, quanto ao uso do pré-moldado ou pré-fabricado no sentido longitudinal, a filosofia é a mesma. A diferença está no apoio dos pré-moldados em vez de ser reto e horizontal como nas lajes. Neste caso, é curvo, e a superfície gerada em vez de ser plana é curva e regrada (abóbodas, abóbodas com conicidade, conoides, hiperboloides, etc..) Figs. VI-1, VI-2, VI-3 e VI-4.

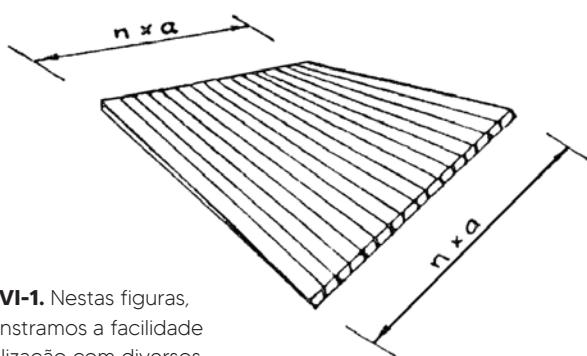
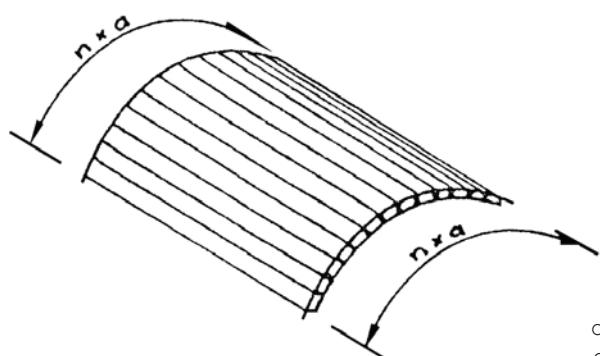
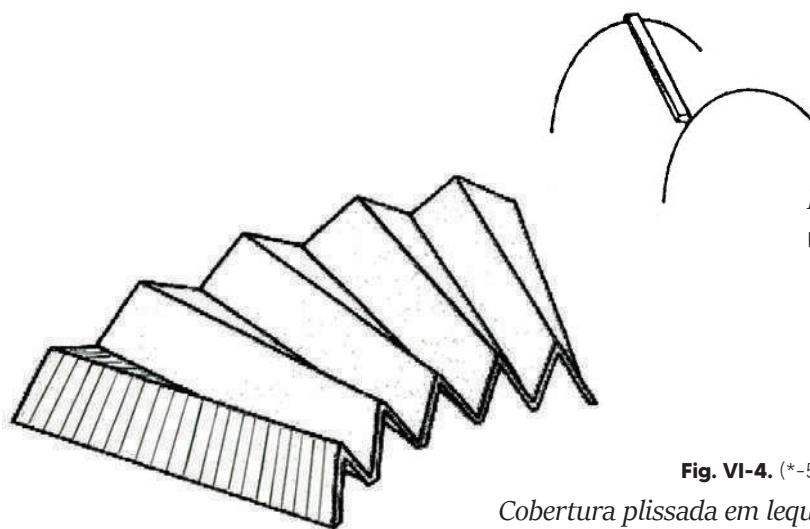


Fig. VI-1. Nestas figuras, demonstramos a facilidade de utilização com diversos desenhos dos elementos industrializados. (*-5).



Fig. VI-2. (*-5).



Hiperboloide

Fig. VI-3. (*-5).

Fig. VI-4. (*-5).

Cobertura plissada em leque

3

COMPONENTES INDUSTRIALIZADOS

3.1 - VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS EM OBRA OU EM FÁBRICA

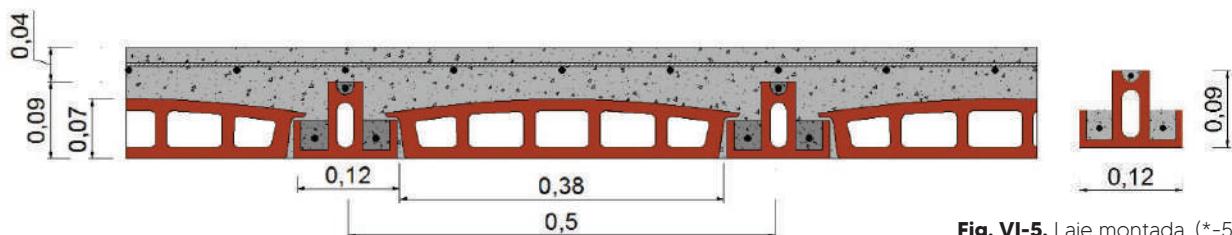


Fig. VI-5. Laje montada. (*-5).

Esse componente usado para lajes é pequeno, tem 22 cm. de comprimento e as vigotas têm de ser pré-moldadas em obra. O comprimento das vigotas feitas em obra estará de acordo com a separação das vigas de apoio da obra. A armadura da laje é a armadura do conjunto das vigotas, enquanto nas abóbodas a armadura das vigotas é mínima, o suficiente para manuseio da mesma. As armaduras resistentes das abóbodas autoportantes estão no vale das abóbodas.

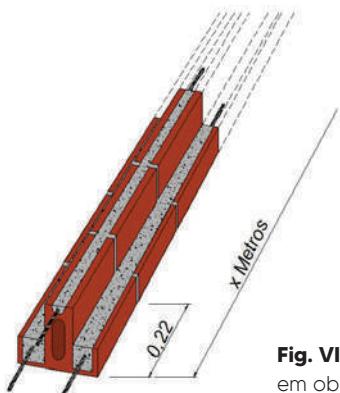


Fig. VI-6. Vigota feita em obra. (*-5).

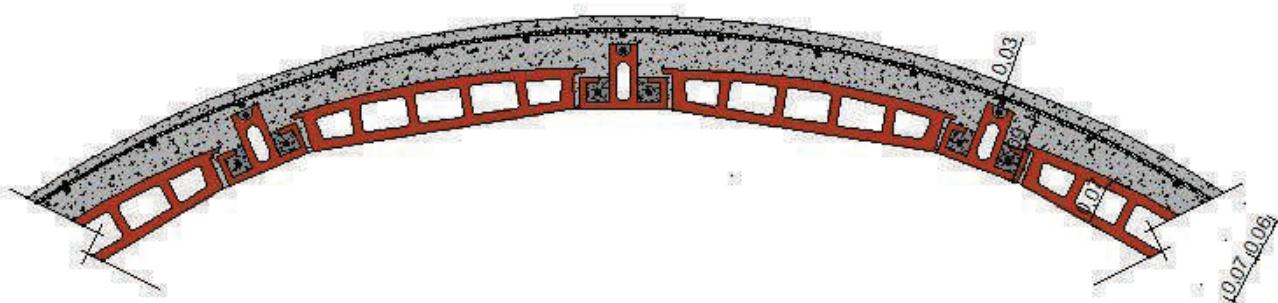


Fig. VI-7. Componentes industrializados usados para abóbodas, neste caso com vigotas pré-moldadas na obra. (*-5).

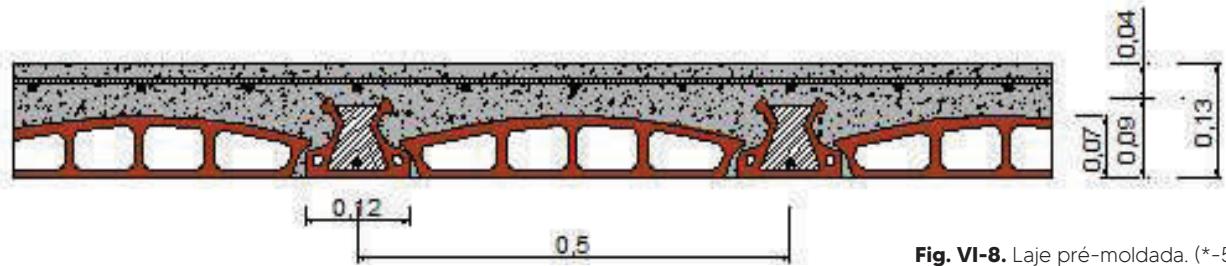


Fig. VI-8. Laje pré-moldada. (*-5).

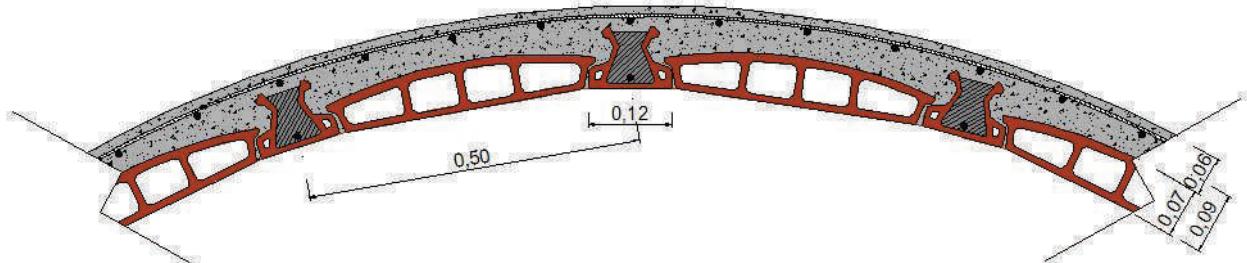


Fig. VI-9. Abóboda com componentes industrializados e vigotas pré-moldadas em obra. (*-5).

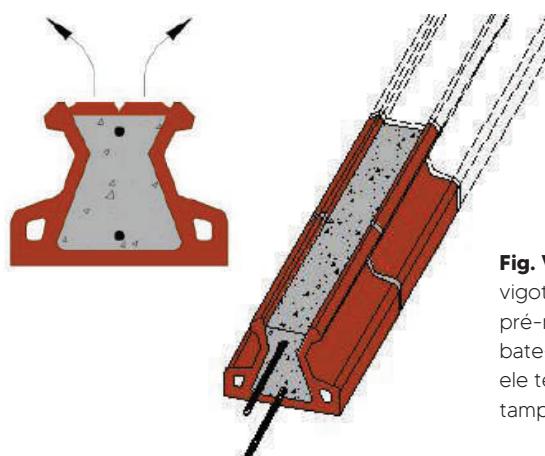


Fig. VI-10. Componente para fazer vigotas pré-moldadas. Antes de pré-moldar o componente cerâmico, bate-se na parte superior do mesmo, ele tem ranhura que faz desprendê-lo da tampa e o componente fica em U. (*-5).

3.2 - PARA VIGOTAS DE CONCRETO

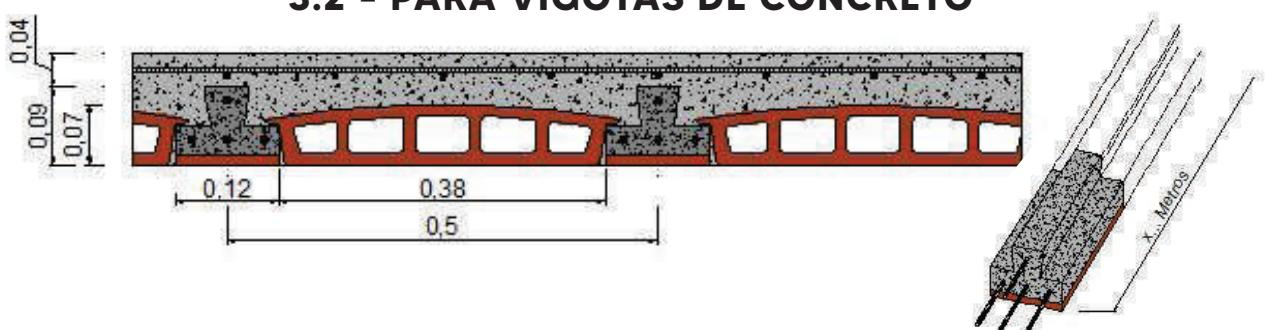


Fig. VI-11. Laje pré-moldada e vigota de concreto. (*-5).

Neste caso, a vigota é de concreto, vem pronta com o comprimento igual ao vão entre vigas (exemplo 4 m.) A vigota pode ter ou não a placa cerâmica na sua base. Na montagem da laje, colocam-se costelas a cada + 1.30 m., que são os apoios provisórios da vigota. Quando usada como abóboda, a separação do apoio da

montagem é 4 m., o que obriga a colocarmos a 2 m. uma costela parcial da metade para cima da abóboda (Fig. VI-12). Isso evita o embarrigamento pronunciado da vigota. No mercado, existe à venda a vigota de concreto, mas, para ter a placa cerâmica na base, é preciso que se faça um pedido especial aos fabricantes.

3.3 - COSTELAS INTERMÉDIAS

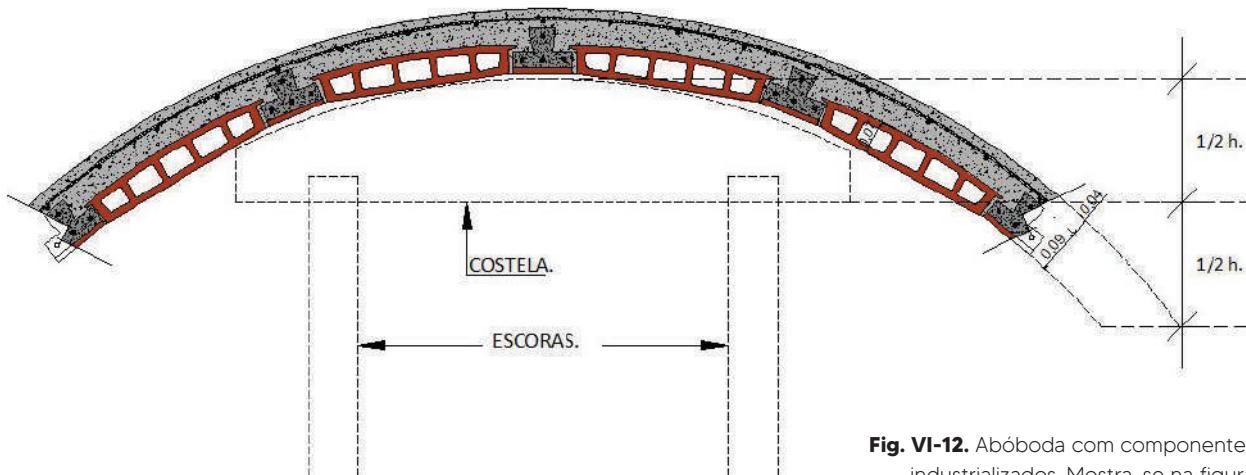
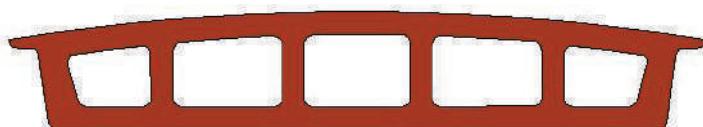


Fig. VI-12. Abóboda com componentes industrializados. Mostra-se na figura a posição da costela auxiliar. (*-5).

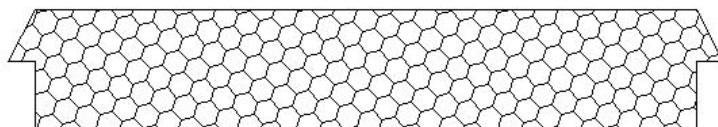
Quando usada em abóbodas, a vigota tem armadura mínima, prévio teste do operário em cima, poderia ter 3 Ø 4.2 mm. ou 3 Ø 5 mm.. A costela pontilhada está colocada na metade da separação das cambotas. A costela apoia somente a metade superior

da curva, porque no resto os componentes, na montagem, apoiam-se uns sobre os outros. Observação: nos diversos exemplos, as tavelas podem ser do tipo que for, a variedade é imensa. Como exemplo mostramos alguns tipos.

3.4 - TIPOS DE TAVELAS



De **cerâmica** com os mais variados desenhos, segundo o fabricante



Inteiras, feitas de isopor ou de concreto celular leve tipo Itong.



Composta, com uma placa de 60x60 cm. x 10 mm. de espessura de grés e uma lâmina de isopor ou poliestireno de 20 mm. de espessura cortada na medida. Vide exemplos mais adiante. (Fig. VI-18).

Figs. VI-13.

3.5 - VIGOTAS TRELIÇADAS

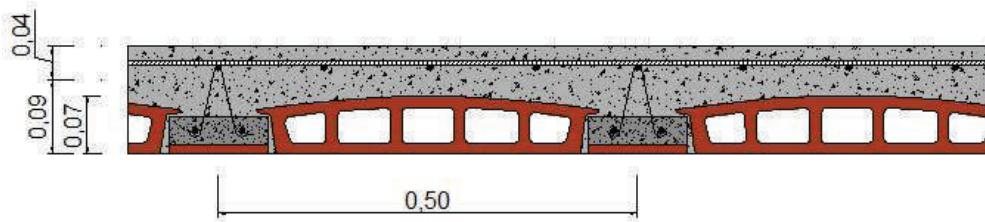


Fig. VI-14. Laje com vigotas treliçadas e tavelas cerâmicas. (*)-5.

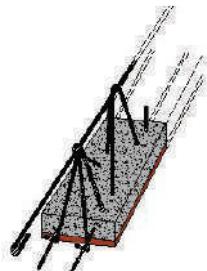


Fig. VI-15. Vigotas treliçadas. (*)-5.

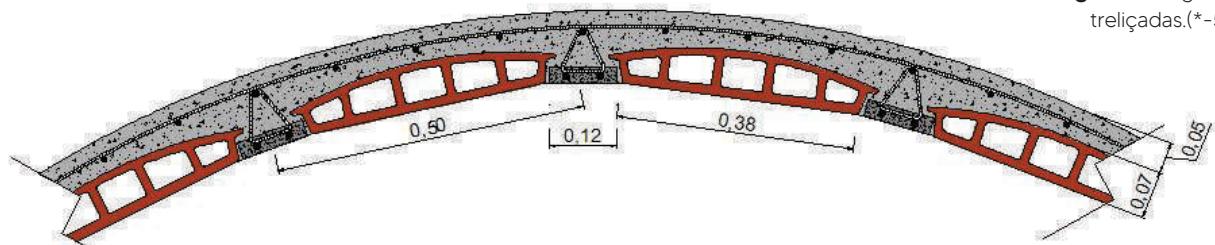
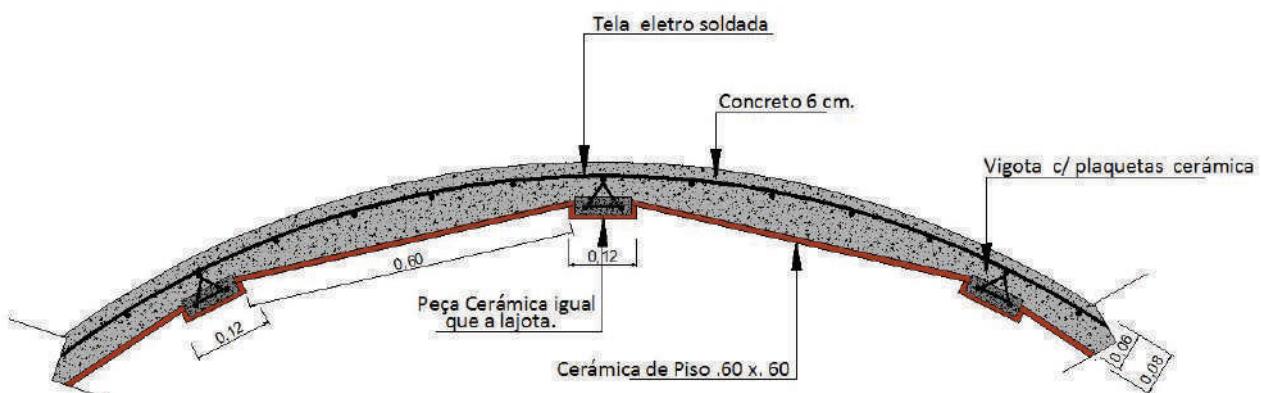


Fig. VI-16. Abóboda com vigotas treliçadas de concreto e tavelas de cerâmica. (*)-5

Quando se compram as vigotas prontas, pede-se o comprimento adequado, e normalmente vem sem plaqueta na base, o pedido é especial. Há outras alternativas para fabricação de pré-moldado muito utilizadas pelo autor. Neste caso, as das Figs. VI-18, VI-19, VI-20, compra-se a

treliçada de aço padrão, se for necessário acrescenta-se mais armadura e se completa fazendo a lajezinha de 2 cm. de espessura que cobre as armaduras positivas, (Figs. VI-21 a VI-26). No entre vigotas, faz-se com a solução que a gente quiser. Por exemplo, segundo as figuras:



Corte - Detalhe sem isolamento térmico.

Fig. VI-17. Detalhe de abóboda com plaquetas de grés e sem isolamento térmico, com vigotas treliçadas. (*)-5.

Esta solução permite ter uma casca de concreto de 6 cm. a 3 cm., o que possibilita grandes vãos com um visual do intradorso agradável e superinteressante. Não se usam formas, só as já mencionadas cimbres guias (cambotas) e costelas. O inconveniente é que não tem isolamento térmico e, no caso

de pôr, o mesmo deve ser colocado pelo exterior no extradorso. O isolamento térmico mais eficiente e econômico é o isopor, mas não pode ser deixado à intempéries, é necessário que esteja protegido, ou melhor ainda, que estivesse incluso no conjunto. Como o exemplo a seguir:

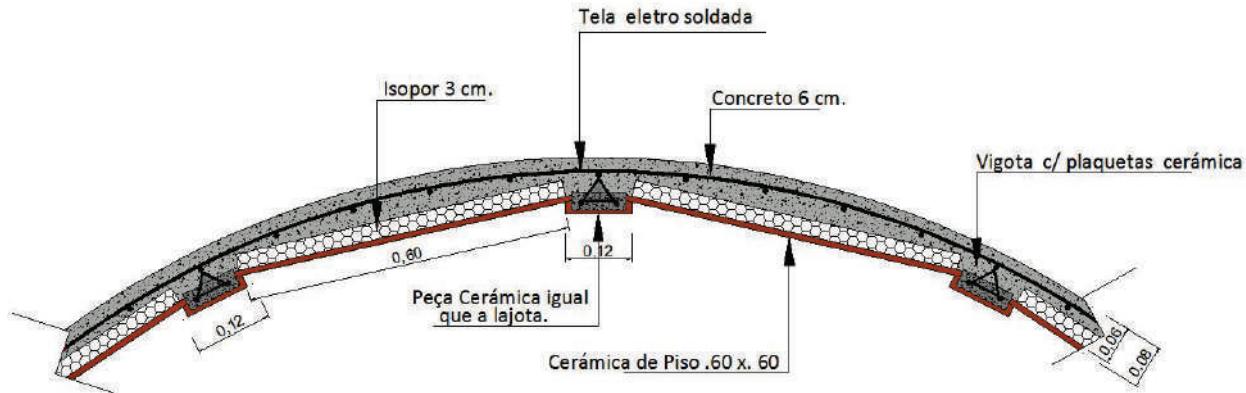


Fig. VI-18. Detalhe de abóboda com plaquetas de grés e isolamento térmico. As vigotas são treliçadas. (*-5).



Fig. VI-19. As treliças são eletrosoldadas, compradas da siderúrgica. (*-5).



Fig. VI-20. Fabricação própria de vigotas. (*-5).

4

OBRA: RODOVIÁRIA DE SANT'ANA DO LIVRAMENTO/RS - 2013



Fig. VI-21. Uma vigota. (*-5).



Fig. VI-22. Duas (2) vigotas colocadas para laje horizontal. (*-5).



Fig. VI-23. Cerâmica de piso de 60 cm. x 60 cm. que será nossa placa entre vigotas. (*-5).



Fig. VI-24. Fabricação em bateria. (*-5).



Fig. VI-25. Vigotas desmoldadas, a da esquerda foi rejeitada. (*-5).



Fig. VI-26. Vigotas estocadas. (*-5).



Fig. VI-27. Vigotas e placas colocadas, com costelas intermédias. (*-5).



Fig. VI-28. As costelas colocam-se antes das placas (*-5).



Fig. VI-29. Vigotas colocadas. (*-5).



Fig. VI-30. Vigotas e costelas. (*-5).



Fig. VI-31. Colocando e assentando as placas que ficarão à vista por baixo. Observe os sarrafos com molduras feitas de ferro de obra. (*-5).



Fig. VI-32. Os sarrafos com molduras feitas com ferro de obra para dar reentrância nas juntas entre placas cerâmicas por baixo. (*-5).



Fig. VI-33. Idem fig. anterior. (*-5).



Fig. VI-34. Com isolamento térmico (isopor) colocado e apertado pela tela. (*-5).



2 Figs. VI-35. Com isolante térmico (isopor) e tábuas por onde caminha o operário. (*-5).



2 Figs. VI-36. Abóbadas de pouca curvatura, acabadas, vistas por baixo. (*-5).



2 Figs. VI-37. Vista do canto do quadrado central onde está a viga sextavando e transmitindo os esforços do semiarco. (*-5).



Fig. VI-38. Detalhe da iluminação zenital. (*-5).

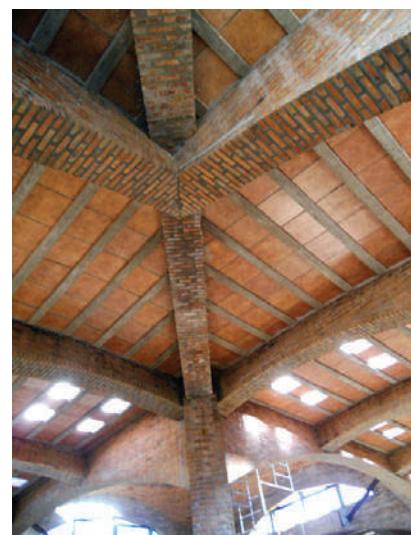


Fig. VI-39. Encontro das abóbadas laterais de espelho. (*-5).



Fig. VI-40. Detalhe da iluminação e abóboda industrializada. (*-5).



Fig. VI-41. Vista da cúpula, das abóbadas laterais e da iluminação. (*-5).



Fig. VI-42. Vista semiarco com iluminação e abóboda industrializada. (*-5).



Fig. VI-43. Vista Interior. (*-5).



2 Figs. VI-44. Abóbadas com pequena curvatura e lanternins. (*-5).

5

COMPONENTES INDUSTRIALIZADOS STALTON

Vigetas protendidas tipo “Stalton” ou similar.

Outra alternativa interessante é a vigota da fábrica “Stalton” ou similar, é uma marca mundial. Esta vigota, como a vista na Fig. VI-46, já vem de fábrica moderadamente protendida, o que permite um manuseio mais fácil sem que se quebre perante

os momentos negativos de transporte. Tais vigotas são feitas em fábrica coberta, em pista de aprox. 100 m. de comprimento, onde se dá um pré-tensado geral. São curadas com calor durante a noite e ao outro dia cortadas em dimensões padrões ou mais dimensões solicitadas pelos clientes.

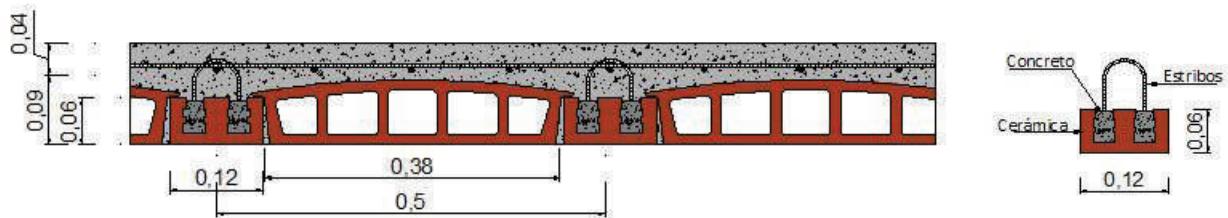


Fig. VI-45. Laje com vigotas Stalton e tavelas de cerâmica. (*-5).

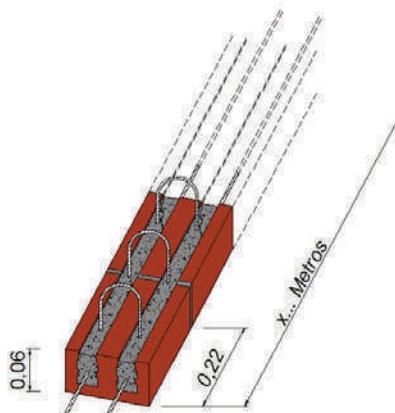


Fig. VI-46. Vigota protendida de fábrica. Vem com o comprimento que for necessário para a obra. (*-5).

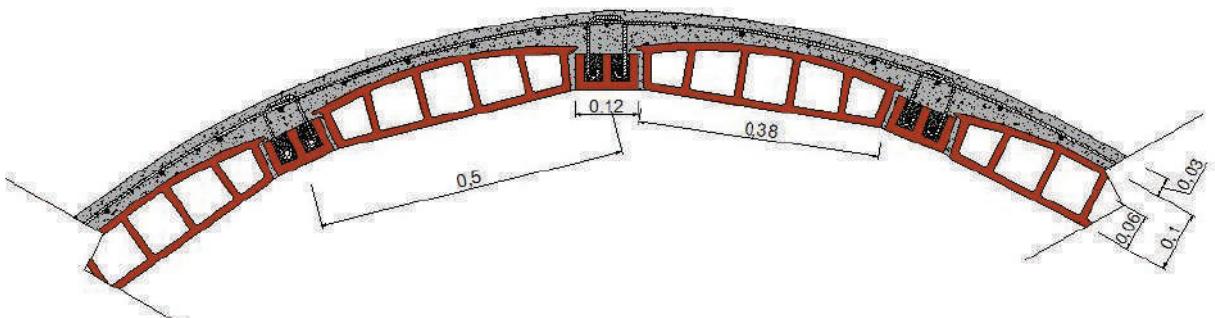


Fig. VI-47. Abóbadas com vigotas Stalton. Detalhe - corte transversal. (*-5).

Se com a casca de 4 cm. a 6 cm. resolvemos a nossa solicitação estrutural, o que é normal, a montagem é de uma rapidez impressionante. As tavelas e as vigotas são consideradas formas deixadas na

estrutura que colaboram para dar rigidez à casca. Também haverá, sobre cada cimbre, um nervo de rigidez transversal de 22 cm. x 14 cm., que colabora com o conjunto (Fig. VI-48).

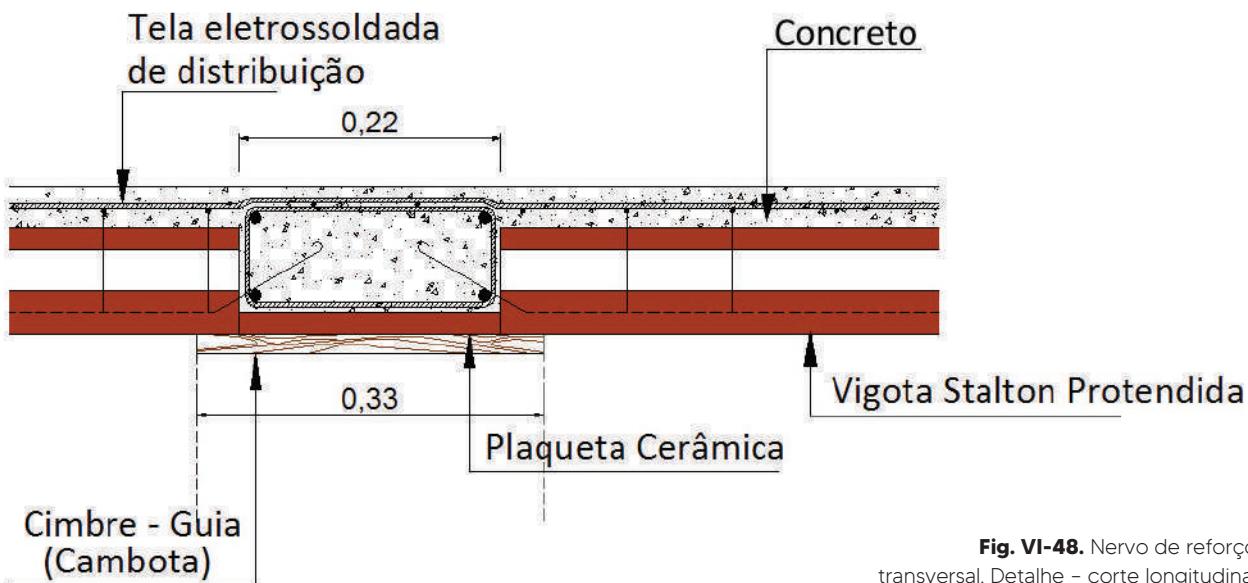


Fig. VI-48. Nervo de reforço transversal. Detalhe – corte longitudinal da abóboda na união e continuidade de vigotas sobre a cambota. (*-5).

Quando se procura uma solução com a vigota *Stalton* ou similar, em que o objetivo é a homogeneidade de material na estrutura delgada, laminar, onde a cerâmica, o concreto, a argamassa de cimento e o aço estão intimamente ligados, como um material apenas, resolve-se como na Fig. VI-49.

A solução é não colocar tavela, mas colocar uma vigota junto da outra vigota, juntadas com argamassa de cimento 3x1, e pondo sobre uma malha eletrossoldada uma camada externa de no mínimo 3 cm. de concreto de grãos finos desempenado, e nos vales as armaduras principais.

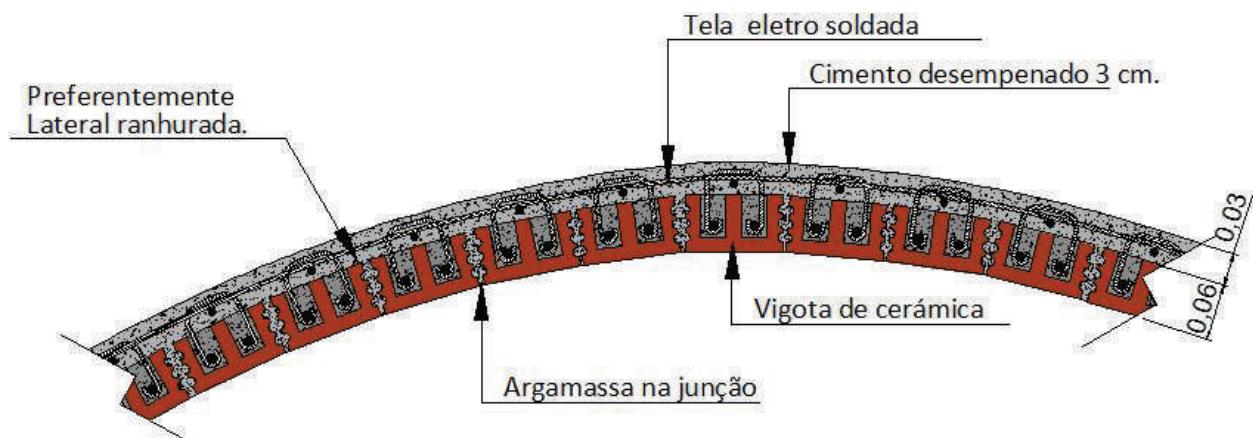


Fig. VI-49. Solução maciça de vigotas e concreto. (*-5).

Esta solução pode ser usada em abóbodas com protensão e, segundo o desenho da abóboda (flecha e corda), pode salvar grandes vãos no sentido longitudinal da abóboda. Nesta ocasião, é considerado como material resistente para o dimensionamento os três componentes. Seria conveniente ter testes de resistência da cerâmica, do concreto e dos dois materiais juntos com a argamassa. A camada de concreto perto dos vales vai aumentando de espessura.

Abóboda com grande isolamento térmico

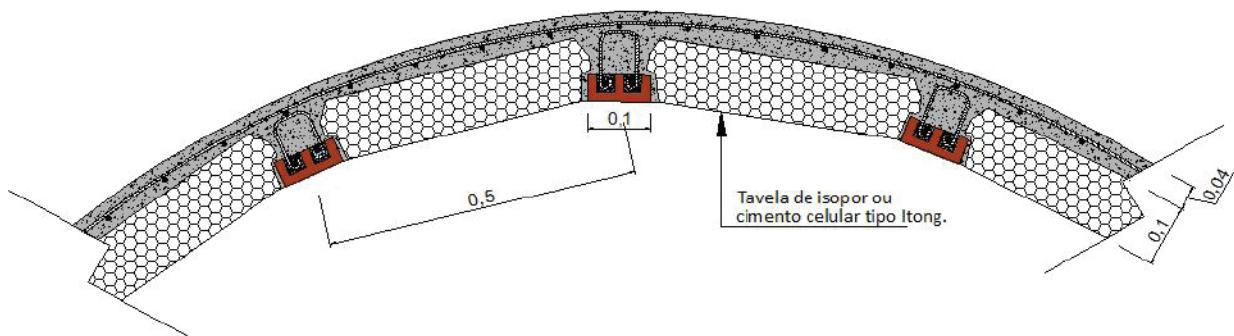


Fig. VI-50. Esta abóboda tem as tavelas inteiras de isolante, isopor, poliuretano ou argamassa celular. (*-5).

6

COMPONENTES DA REGIÃO

No Brasil, as regiões podem ser bastante dis-similes, logo os componentes são muito diferentes. Muitas vezes, as abóbodas vão ser feitas em sítios isolados, a centenas de quilômetros de cidades importantes, mas são obras de dezenas de milhares de m² de cobertura. Igualmente, teremos que trasladar os materiais (cimento, areia, etc.), por ser os componentes industrializados de pequeno

porte, são fáceis de levar. Componentes da região, se tiver, poderão ser usados junto a outros trazidos. Também se pode transportar o elemento cerâmico para fazer as vigotas, por ser pequeno, e complementá-lo. Sabendo serem padronizadas as vigotas, neste caso, seria um misto de industrialização e pré-moldagem. A industrialização aberta permite uma flexibilidade imensa.

7

PROCESSO DE MONTAGEM

Todas as montagens de abóbodas industrializadas têm aproximadamente a mesma sequência:

1º – Escoramento dos vales.

2º – Colocação de tensores soltos e as abas laterais extremas com ou sem escoras inclinadas

3º – a) Colocação em toda a largura da frente, de 2 (duas) fileiras no mínimo de cambotas, normalmente põem-se 3 (três) fileiras.

3º – b) Colocar costelas intermédias, se for preciso.

4º – Começar a colocação das vigotas apoiadas nas cambotas e pôr as respectivas tavelas, ou lajotas, ou plaquetas.

5º – Além do ajuste das tavelas, lajotas e plaquetas nas vigotas com argamassa 3x1 de cimento, onde se veda qualquer passagem de nata de cimento entre as tavelas, completa-se com argamassa até regularizar as saliências, deixando uma rugosidade que vai receber os 4 cm. de concreto mais adiante. No vale deste módulo de abóbodas também se faz o mesmo.

6º – Numa jornada de trabalho, devem ser completados os trabalhos das etapas 4^a e 5^a. Ao outro dia

de manhã cedo, retiram-se todas as cambotas da frente, passa-se por baixo da 2^a fileira de cambotas e volta a colocar-se mais atrás, na mesma distância. Fazem-se novamente as etapas 4^a e 5^a; tudo isto em uma jornada de trabalho.

7º – Repetida que é a etapa 6^a até chegar à borda final da cobertura, procede-se nesta etapa a pôr todas as armaduras.

8º – Preenche-se toda a abóboda com 3 cm. a 5 cm. de concreto com brita fina como o projeto. À medida que se coloca cimento se desempena a superfície. Quando a abóboda é protendida, devem ser feitas outras tarefas prévias ou posteriores e o capeamento se faz em duas etapas.

9º – Nesta etapa, tensam-se os tensores na sua tensão adequada.

10º – Passadas as 3 ou 4 semanas, segundo o tipo de cimento usado, procede-se a tirar as escoras.

11º – Limpeza e retoques por baixo e por cima da abóboda. Pintar impermeabilizando por cima das abóbodas, esta é a última tarefa.

7.1 – CONSIDERAÇÕES SOBRE A MONTAGEM

Na distância de separação das cambotas está boa parte da produtividade da mão de obra e da rapidez da obra. Isto significa que o máximo comprimento possível da vigota influi na economia da obra. Esse máximo comprimento está limitado por:

a) O peso que possa ser manuseado por 2 operários. Até agora nenhuma empresa criou um sistema que coloque as vigotas com equipamento

de montagem e que permita às mesmas terem peso maior e um comprimento maior, ou seja, uma separação maior entre cambotas.

b) Para não trincar no manuseio, deve-se segurar pelas pontas, a posição mais desfavorável quando colocada na cobertura. Nesse momento, tem só o peso próprio. Isso é testado antes no chão ou na fábrica.

7.2 - O USO DAS COSTELAS NA MONTAGEM

As costelas são elementos simples que se colocam na mesma altura do lombo das cambotas e na metade da distância entre elas. Seguem a curvatura da abóboda (Fig. VI-12). Nem sempre é necessário costelas intermediárias entre as cambotas. Faz-se o teste prévio, e a vigota deve suportar sem trincar o peso dos componentes de seus lados (tabelas) mais o peso de 1 operário sobre a tábua de 1" apoiada em duas vigotas. Se porventura a vigota trincar ou apresentar uma flecha muito pronunciada, mas por rapidez e economia o ideal fosse esse comprimento, recorre-se a costelas intermédias entre cambotas. Para manusear a vigota por dois operários se procede a pegá-las em pontos estratégicos.

Se na posição mais desfavorável da montagem entre costelas fica uma pequena flecha na vigota, isso

não preocupa, porque com a curvatura da abóboda não se nota, não se observa; o importante é que a vigota não fique trincada.

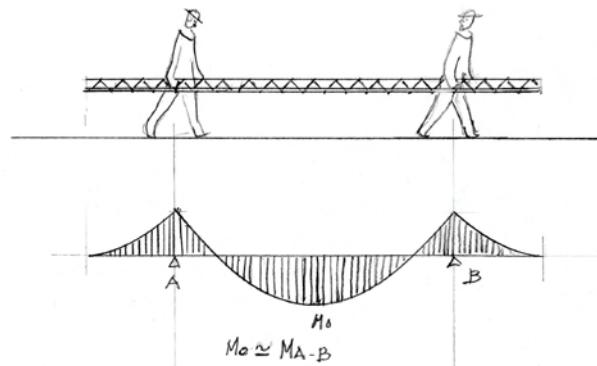


Fig. VI-51. Diagrama de momentos de manuseio. (*-5).

8

PROPRIEDADES DA ABÓBODA INDUSTRIALIZADA

Para as abóbodas industrializadas, o mesmo que para qualquer superfície reguada seja parabóloide, conoide ou com conicidade, etc., as propriedades em seus tipos são as mesmas.

- Reduz o tempo de montagem a menos da metade, pois os componentes são fabricados para que se juntem na cobertura de forma quase perfeita sem necessidade de recortes ou quebras dos mesmos, é um jogo de armar.

- A mão de obra tem mais alto rendimento ou produtividade, isto é, para a montagem usa-se menos hora/homem/m². Tal rapidez empurra para outras tarefas, como colocação de armadura e concretagem, faz-se com mais racionalização, o

que aumenta a produtividade em geral. A economia em mão de obra significa também economia em leis sociais, e significa uma grande economia de custo global.

- A tipologia por componentes industrializados possibilita a escolha do tamanho e o peso do componente, como o das vigotas. Sendo assim, tem-se a possibilidade de adequar à montagem a capacidade da empresa, referente a gruas, empilhadeiras, caminhões *munck*, etc. ou, se não tem equipamentos, as vigotas devem ser leves. Fazer abóbodas para as empresas pequenas não é um obstáculo, qualquer empresa pode fazer. Quando a cambota é pesada demais, subdividir-se a mesma.

8.1 - COLABORAÇÃO ESTRUTURAL DOS COMPONENTES

O importante é que devemos montar uma estrutura em asa de gaivota, ou seja, montar abóbodas autoportantes, com economia e beleza. Ainda podemos montar paraboloides hiperbólicos com economia e beleza, fazer coberturas plissadas, caixas d'água, etc..

Alguém pode perguntar. Tudo o que se põe na montagem das abóbodas colabora com a resistência estrutural? Nem tudo.

Quando são tavelas ocas com vigotas, não são consideradas para o dimensionamento, referente ao momento do vão longitudinal, apenas se considera o concreto. Quando se refere aos efeitos de impactos pontuais ou para suportar esforços localizados e concentrados, esforços transversais de flambagem são levados em consideração (Fig. VI-48). Na

resistência da estrutura só se considera a resistência da camada superior do microconcreto de 4 cm. ou da espessura que indique dimensionamento, segundo as solicitações. As vigotas e tavelas nesta estrutura são uma forma que se deixa, e elas servem de acabamento também.

Quando a abóboda está feita toda com vigotas, como o exemplo da Fig. VI-49, da *Stalton* ou similar, não são ocas, e onde coloca-se uma vigota ao lado da outra, agora, sim, fazem parte da resistência estrutural. No caso, fazem-se ensaios de resistência da cerâmica, do concreto e da cerâmica junto ao concreto. Em todos os casos, se a cerâmica é de muito baixa resistência, admite-se só a resistência do concreto. Este é o caso de usar tijolo de campo muito poroso, com $\mathbb{E} < 70 \text{ kp/cm}^2$.

8.2 - ISOLAMENTO TÉRMICO

A abóboda feita com tavelas ocas ou com tijolo de campo poroso já tem um excelente isolamento térmico (Fig. VI-16 e Fig. VI-47). Nas outras, para se obter um bom isolamento térmico é necessário colocar produtos isolantes como isopor, poliuretano expandido, etc. (Figs. VI-18, VI-50).

Parte do isolamento térmico está dado pela cor que foi pintada a abóboda por fora como acabamento final. Quanto mais clara é a cor, mais colabora com o isolamento, o ideal é a cor branca, qualquer pintura por dentro não participa como isolante térmico.

8.3 - VISUAL INTERNO (FIG. VI-36 A VI-44)

Este estará conforme aos elementos colocados, o importante é:

– Vedar as juntas para que não exista corrimento de nata de cimento da argamassa ou concreto.

– Caprichar na coincidência dos componentes.

– Que não seja rebocada a abóboda por baixo.

8.4 - OS ESFORÇOS TRANSVERSAIS (FLAMBAGEM) NA LÂMINA

Esta estrutura composta (abóboda), por sua composição, é uma lâmina que permite resistir momentos e esforços cortantes pontuais. Na junção ou continuação das vigotas nos apoios sobre as cambotas, podemos ter nervos reforçados transversais à abóboda, que são uma grande solução para absorver o esforço de flambagem transversal em função da

deformação geral que experimenta a abóboda autoportante (Fig. VI-48).

Quando a abóboda é apoiada nas bordas laterais, como nos graneleiros, e tem uma corda muito grande 40 m. e flecha também grande 8 m., aumentam-se os nervos transversais devido à flambagem por vento ou por empuxos de grãos.

9

CONCLUSÃO

As coberturas industrializadas laminares, compostas, como as já vistas:

- a) Podem ser utilizadas para todos os formatos das estruturas reguadas.
- b) Podem ser utilizadas por qualquer empresa, pequena ou grande.
- c) Permitem rapidez na construção de coberturas e economizam mão de obra e formas.
- d) Segundo a arte ou imaginação do profissional, seu visual interno pode ser diverso, com acabamentos ao seu gosto.

- e) Normalmente, já cria o isolamento térmico com os componentes ou favorece que ele seja colocado.
- f) Utilizam componentes industrializados de pronta entrega.
- g) Têm peso próprio por m² similar às coberturas que utilizam tijolo maciço.
- h) As vigotas e tavelas não participam na resistência estrutural.

Ideia final:

*Que fácil é fazer uma abóboda montada
com componentes industrializados!*

CAPÍTULO VII

**COBERTURAS
LAMINARES PLISSADAS
DE CERÂMICA ARMADA**

Resumen (español)

Cubiertas Laminares Plisadas de Cerámica Armada Consideraciones previas

Después de la aparición del sistema P. y C. para las bóvedas, empieza la evolución de las ideas para sistemas constructivos más rápidos y más baratos. Usando los pre-moldeados de ladrillo, surgen las cubiertas plisadas autoportantes de cerámica armada. De todos los sistemas mostrados, este es el más fácil de montar, calcular y dimensionar. Es el más económico.

Los componentes.

La geometría - 2 rectas paralelas una superior cumbre y la otra inferior valle, unidas por pre-moldeados (Fig. VII-1 y 2). Los componentes - La tabla del valle, guía inferior, la tabla guía superior y el pre-moldeado recto de ladrillo (Fig. VII-4). Ejemplos de obras con las Figs. VII-6, 7 y 8.

El sistema constructivo.

Se muestra la simplicidad del montaje y la poca mano de obra que se usa (Fig. VII-9). Ejemplos en las Figs. VII-10 a VII-23. El uso del ladrillo y su colaboración estructural. Ejemplo de casas económicas todas de ladrillo con techo con pre-moldeados (Fig. VII-28 a 38). Ejemplo de la primera obra, el Liceo de Vichadero. Proceso de Montaje de estas cubiertas auto portantes. Descripción detallada con dibujo de los 7 pasos de montaje, se hacen recomendaciones finales referentes a tamaños luz de vanos, pesos de manoseo y cuando conviene usar este sistema constructivo. Se muestra su comportamiento estructural, sus deformaciones, sus cargas, sus momentos, la asimilación a una viga.

Summary (english)

Pleated Laminate Covers of Armed Ceramic. Previous considerations

After the appearance of the P. and C. system for the vaults, the evolution of the ideas for faster and cheaper construction systems begins. Using the pre-molded brick, self-supporting pleated covers of reinforced ceramic arise. Of all the systems shown, this is the easiest to assemble, calculate and size. It is the most economical system.

The components.

The geometry - 2 parallel lines one upper ridge and the other lower valley, joined by pre-molded (Fig. VII-1 and 2). The components - The valley board, the lower guide, the upper guide board and the straight brick pre-molding (Fig. VII-4). Examples of works with Figs. VII-6, 7 and 8.

The construction system

The simplicity of the assembly and the little labor that is used, is shown (Fig. VII-9). Examples in Figs. VII-10 to VII-23. The use of brick and its structural collaboration. Examples of low-cost houses made of brick with pre-molded roof (Fig. VII-28 to 38). Example of the first work, the "Liceo of Vichadero". Assembly process of these self-supporting covers. Detailed description with drawing of the 7 steps of assembly, final recommendations are made regarding light sizes of spans, handling weights and when it is convenient to use this constructive system. The structural behavior is shown, its deformations, its loads, its moments and the assimilation to a beam.

1

CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

No começo dos tempos das coberturas laminares de tijolo armado, com as primeiras ideias do Eng. Dieste, descobre-se que com o trinômio de material (tijolo + argamassa de cimento + ferro) e a curva *anticatenaria* é possível, com genialidade, ter um sistema construtivo econômico para construir abóbodas. Com os altos conhecimentos de cálculo e dimensionamento de coberturas laminares, chega-se às abóbodas autoportantes. Após esse início, começa a evolução das ideias para sistemas construtivos mais rápidos e mais baratos. Aparece para abóbodas o sistema com pré-moldados longos e retos. Seguindo

tal raciocínio aparece a pergunta: se para ser autoportante o fundamental é dar ao perfil da cobertura laminar um momento de inércia, (I) significativo, grande, por que só vamos usar a curva, por que não usar perfis poligonais ou plissados?

Surge então a ideia das coberturas plissadas autoportantes, acompanhadas de um sistema construtivo simplório com pré-moldados. De todos os sistemas mostrados neste livro, este sistema, o das coberturas plissadas, é o mais fácil de montar, de calcular e dimensionar. Mais adiante veremos estas propriedades.

2

OS ELEMENTOS BÁSICOS DESTAS COBERTURAS

A **geometria** – seu desenho geométrico se baseia em duas retas guias do mesmo comprimento e, em geral, paralelas ou levemente cruzadas. Uma é superior, a que faz o percurso das cumeeiras da cobertura; e a outra é inferior, a que marca o vale

da cobertura (Fig. VII-1). Para fazer a superfície da cobertura se unem as cumeeiras com os vales por meio de placas pré-moldadas de tijolo armado como a vista nas Figs. VII-2 e VII-4.

Fig. VII-1. Neste caso, as retas de referência são paralelas e horizontais. (*-5).

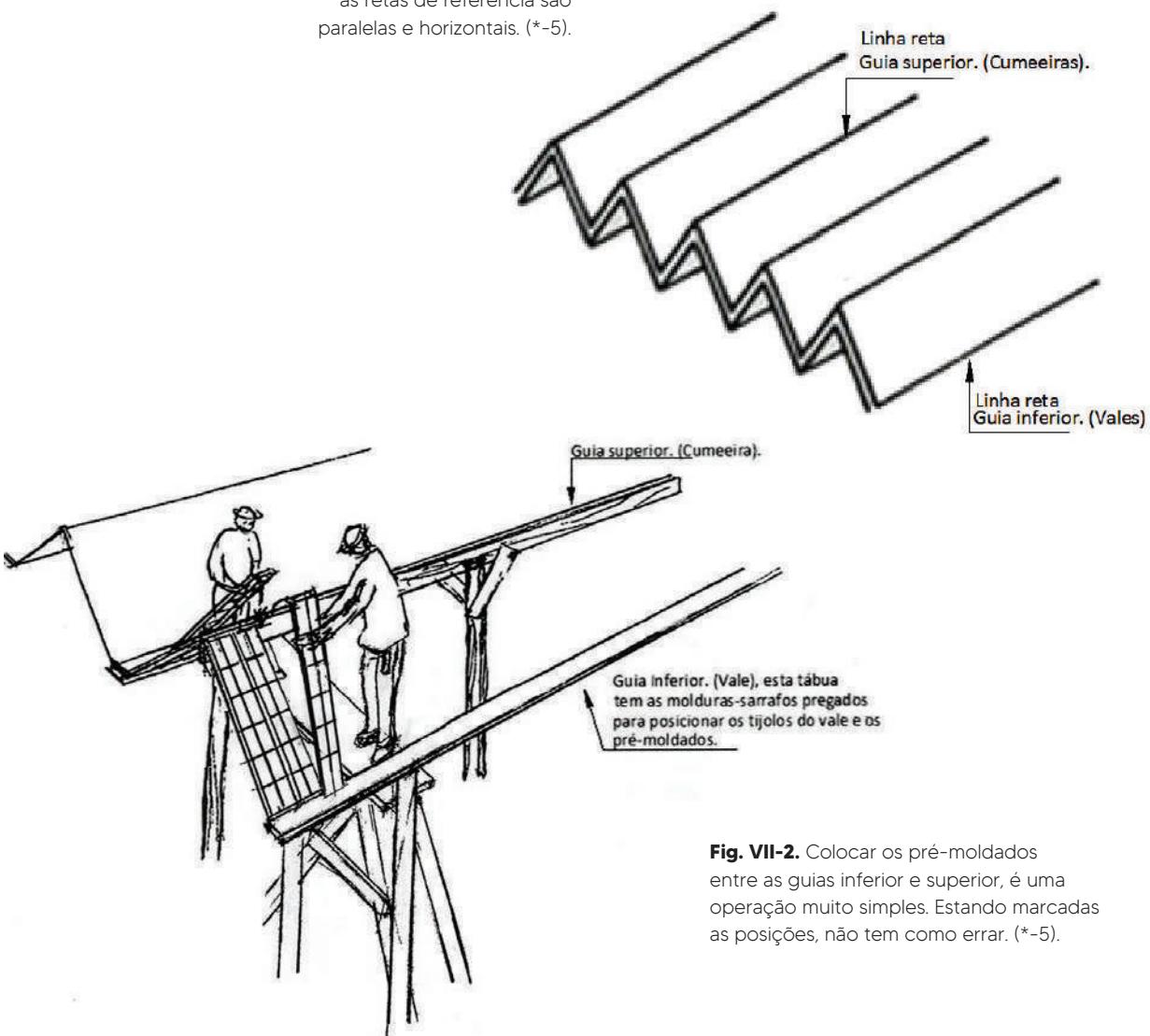
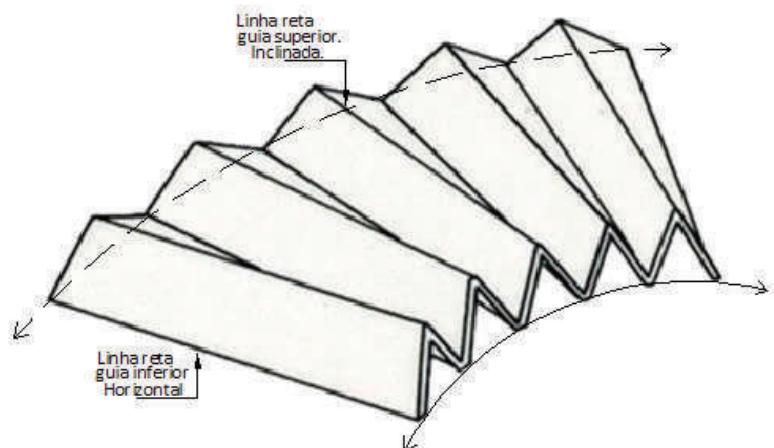


Fig. VII-2. Colocar os pré-moldados entre as guias inferior e superior, é uma operação muito simples. Estando marcadas as posições, não tem como errar. (*-5).

Fig. VII-3. Neste caso, a reta-guia inferior é horizontal, e a superior inclinada; isto dá uma cobertura com formato de leque, semiaberto e com um ponto central de fuga. (*-5).



Essa geometria faz com que a superfície da cobertura se assemelhe ao fole de uma sanfona, a um leque, as pregas de um vestido, etc., nada mais

simples e corriqueiro. Existem outras alternativas que veremos mais adiante.

3

OS COMPONENTES CONSTRUTIVOS

3.1 - A TÁBUA DO VALE, GUIA INFERIOR

Com uma tábua de 1"x 20 cm. se faz o vale, ver detalhe Fig. VII-9, com algumas molduras (ripas) para fazer as juntas reentrantes que têm o vale e marcar a posição dos tijolos e pré-moldados.

3.2 - A TÁBUA GUIA SUPERIOR

A posição da cumeeira de cada prega é guiada por uma tábua de 1"x 15 cm. em posição vertical que estará escorada; também poderá dispensar as escoras se ela está sustentada em seu lugar por dois elementos pré-moldados Fig. VII-9.

3.3 - O PRÉ-MOLDADO RETO

Este pré-moldado de tijolo armado é feito preferentemente com tijolo maciço de boa qualidade em termos visuais e de resistência. Mais adiante veremos que o tijolo sempre colabora na resistência estrutural. Este pré-moldado é como o da Fig. VII-4, e é feito segundo as explicações no Cap. III, Fig. III-35, III-36 e seguintes.

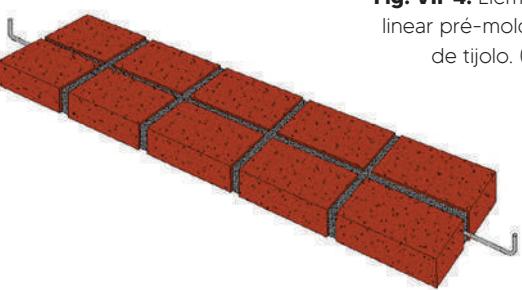


Fig. VII-4. Elemento linear pré-moldado de tijolo. (*-5).

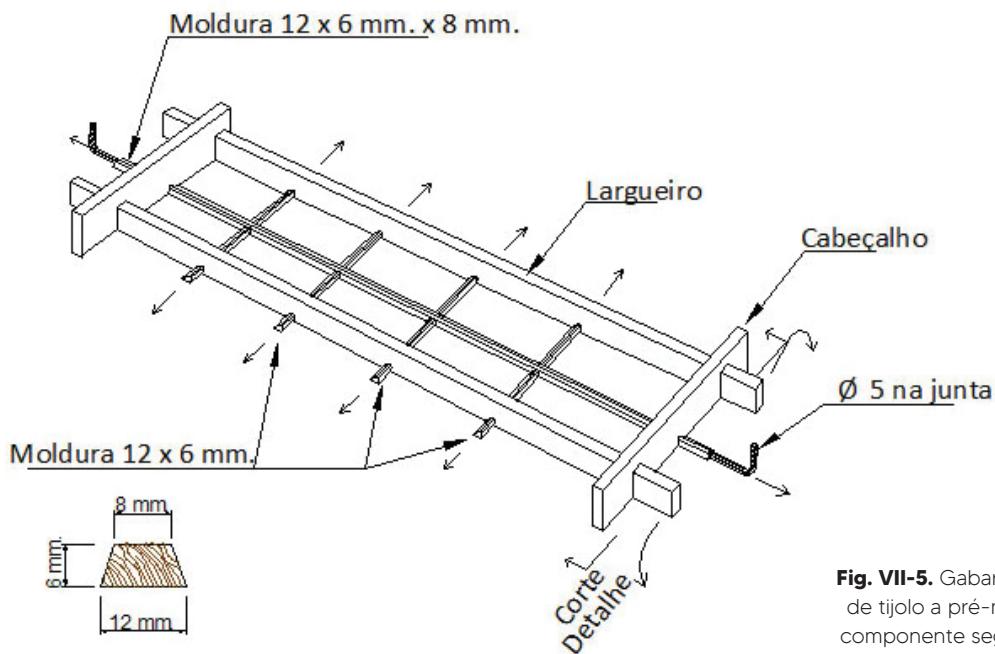


Fig. VII-5. Gabarito para fazer de tijolo a pré-moldagem do componente segundo Cap. II, Fig. II-36 e seguintes. (*-5).

3.4 - ALGUNS EXEMPLOS DESTAS COBERTURAS



2 Figs. VII-6. Acesso e vista externa do Centro de Ensino de Vichadero (1964), localizado num centro povoado rural do interior do Uruguai. Arqts. Brizolara – Aroztegui. (*-5).



Fig. VII-7. Vista interior da Biblioteca Municipal de Rivera – Uruguai (1966). A transferência das cargas se dá na parede sobre uma cinta calha ou sobre uma viga transversal. Arq. Alberto Brizolara. (*-5).

Fig. VII-8. Vista interior de cobertura para lazer e churrasco, Vichadero/Uruguai (1964). Notam-se os pilares em tijolo armado e a ausência de tensores. Arqts. Brizolara – Aroztegui. (*-5).

4

O SISTEMA CONSTRUTIVO

Como já falamos, o sistema construtivo é muito simples, não é preciso estar perto de centros tecnológicos importantes. Em razão da simplicidade do sistema, basta ter um profissional para explicar inicialmente e já se pode usar mão de obra sem qualquer experiência no sistema. Para realização da obra, usa-se de 2 (dois) serventes por pedreiro. O tijolo a

ser usado pode ser de campo ou de máquina, sempre é preferível o tijolo maciço – veja o corte detalhe da cobertura Fig.VII-9. Em certos casos, que veremos mais adiante, o melhor é usar tijolo oco de 2 furos ou uma variedade de tijolos furados com ranhuras que permitem fazer vigotas de cerâmica (é o caso das coberturas apoiadas em paredes).

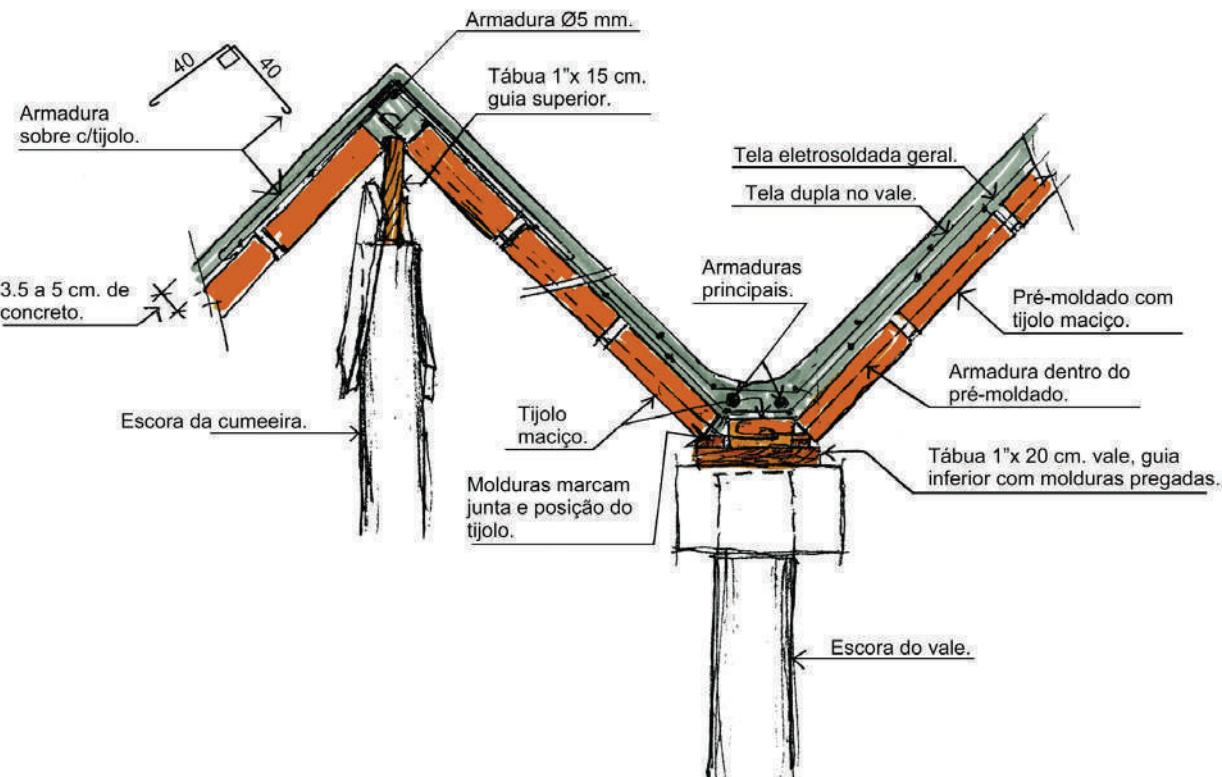


Fig. VII-9. Corte detalhe de uma cobertura plissada. (*-5).

4.1 - EXEMPLOS

4.1.1 - Cobertura plissada transversal: Conjunto de escritórios na cidade de Rio Branco/Uruguai,
Arq. J. M. Aroztegui (1974)



2 Figs. VII-10. Vista desde a rua de um conjunto de escritórios com cobertura plissada. (*-5).



Fig. VII-11. Cobertura do hall com tijolo à vista pintado igual que a parede. (*-5).

Fig. VII-12. A aba externa é uma continuação do telhado. (*-5).



2 Figs. VII-13. Vista interior dos escritórios com cobertura em tijolo à vista pintado de branco. (*-5).

4.1.2 – Biblioteca Municipal – Rivera, Uruguai (1966) Cobertura em cerâmica armada plissada (Arq. A. Brizolara)

Fazia um certo tempo que o município havia levantado as paredes até sua altura máxima e rebogado, mas por falta de verbas não colocou o telhado que estava programado para ser em chapa de zinco e forro leve. A solução de fazer plissada em cerâmica

armada resultou mais econômica. As paredes externas escondiam o forro e o telhado. Para não demolir a parte superior das paredes, aumentou-se o pé direito antes projetado e se apoiou a cobertura em cima das paredes externas (Fig. VII-14).



Fig. VII-14. Vista externa. O telhado apoiado sobre paredes existentes. (*-5).



Fig. VII-15. A cobertura recém feita. Nota-se a diferença entre a junta do pré-moldado e a junta em obra. O tijolo está à vista antes de ser pintado. (*-5).

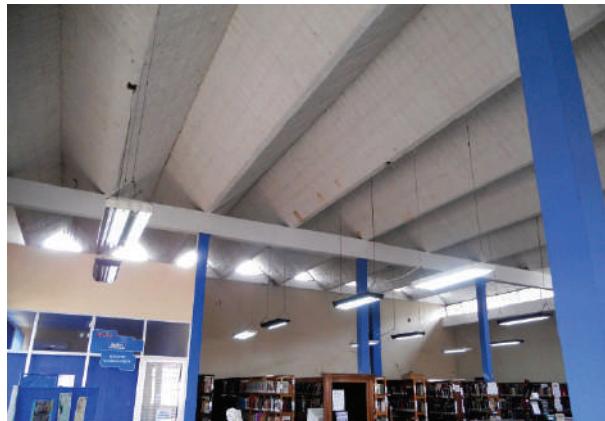


Fig. VII-16. Cobertura apoiada na cinta – calha na parede e na viga-calha. Pé-direito alto. (*-5).

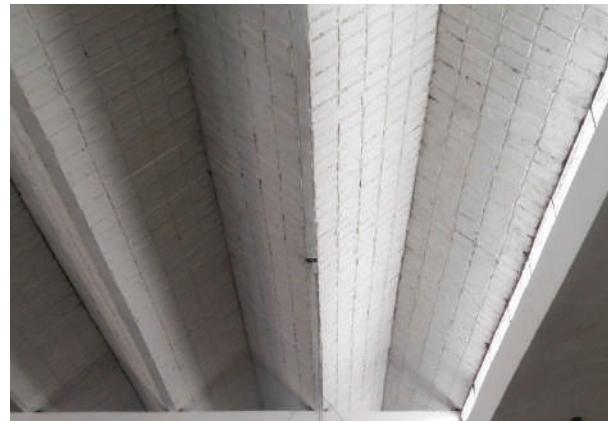


Fig. VII-17. Iluminação lateral. (*-5).



Fig. VII-18. O vale pode ser só concreto. Normalmente tem tijolo. (*-5).



Fig. VII-19. As juntas devem coincidir. (*-5).



Fig. VII-20. O vidro fixo do triângulo vai na junta entre tijolos e num ferro **T** de 1" vertical no meio. (*-5).



Fig. VII-21. Por dentro, o tijolo foi pintado, por fora ficou à vista. (*-5).



Fig. VII-22. O plissado apoia diretamente sobre a cinta calha da parede. (*-5).

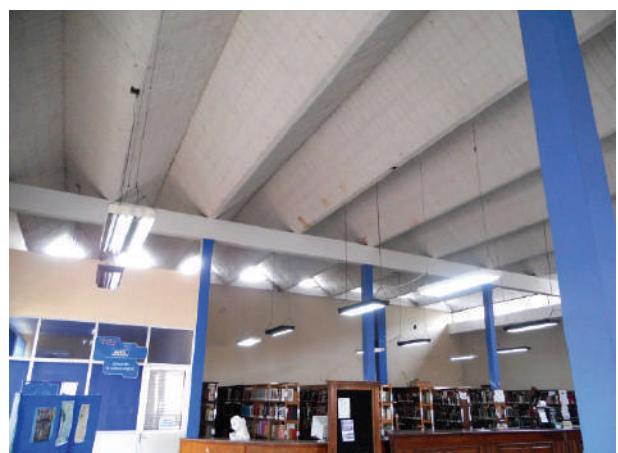


Fig. VII-23. Vista interior da cobertura e sua estrutura de apoio. O pé direito é de 5 m. (*-5).

4.2 - USOS ESTRUTURAIS DO SISTEMA

Considerando seu comportamento estrutural, existem dois tipos de usos estruturais de coberturas plissadas:

- a) As autoportantes e
- b) As coberturas, simplesmente apoiadas.

4.2.1 – Coberturas autoportantes

Definição:

“No campo das coberturas laminares de cerâmica armada se entende por autoportante aquelas que, por seu formato especial, são capazes de auto sustentar-se no vão principal sem ajuda de outro elemento estrutural, como por exemplo, vigas de concreto ou de aço”.

Consideremos o nosso exemplo da Fig. VII-24, o vão principal é de 11 m., entre a *línea* de apoio (viga ou parede) e a outra *línea* de apoio pilares e vigas, como o exemplo.

A flecha (f) do triângulo será dada pelo dimensionamento.

Quando não queremos despejar as águas pluviais pelos extremos dos vales da cobertura, faz-se uma viga de apoio, uma viga calha que poderá despejar num cano colocado no centro do pilar, no extremo da viga ou em qualquer lugar. A separação dos pilares que recebem a viga de apoio da cobertura é independente do módulo (e) dos plissados.

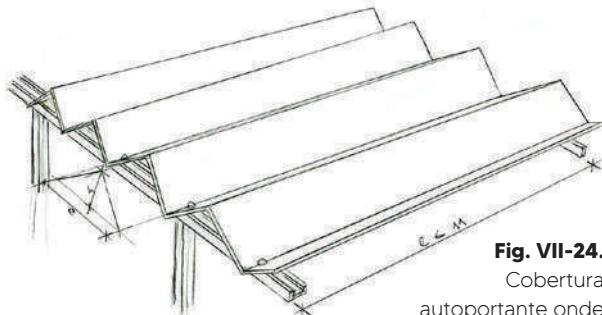


Fig. VII-24.
Cobertura
autoportante onde
a separação dos apoios
é $l = 11$ m. (* - 5).

Esclarecimentos prévios

Quando se quer a cobertura autoportante, o tijolo recebe esforços de compressão transversal acima da linha neutra e de tração no vale Fig. VII-65.

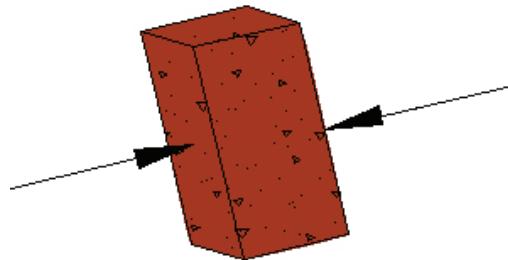


Fig. VII-25. Tijolo maciço. (* - 5).

Quando o tijolo é furado, e tais tijolos são colocados com os furos transversais ao esforço de compressão Fig. VII-26 debilita-se enormemente a área resistente do tijolo e, portanto, a capacidade resistente da estrutura autoportante.

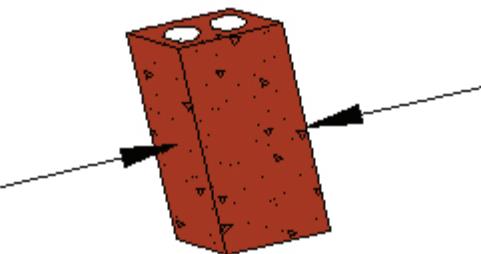


Fig. VII-26. Tijolo furado, os furos
debilitam a capacidade resistente do tijolo. (* - 5).

! Nas coberturas plissadas autoportantes não é ilógico usar tijolos furados!

4.2.2 – Coberturas apoiadas sobre paredes

Outro aproveitamento bastante comum e muito econômico é usar o triângulo do plissado para telhado de moradia. Os pré-moldados inclinados se apoiam nas paredes paralelas da moradia. Os empuxos horizontais são absorvidos pelas cintas das paredes. É uma solução muito rápida de montar e pode ter um excelente isolamento térmico quando o tijolo é furado.

Quando, por razões de projeto, a parede de apoio fica interrompida, a cobertura com as armaduras adequadas se transforma em autoportante. Para este tipo de cobertura, que não é autoportante, o ideal são os tijolos furados, porque os esforços de compressão se dão no sentido longitudinal do tijolo Fig. VII-27.

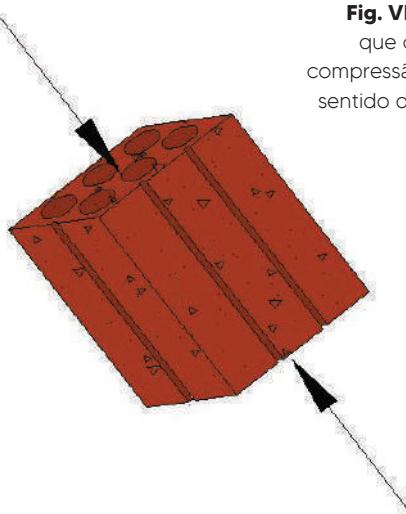


Fig. VII-27. O ideal é
que os esforços de
compressão se deem no
sentido dos furos. (* - 5).

4.2.3 – Casas populares supereconômicas com cobertura plissada

Estas casas populares são feitas todas de tijolo. As paredes são de meio tijolo artesanal (de campo) e a cobertura é feita com pré-moldados, como os da Fig. VII-4. As paredes são assentes com argamassa

normal e apenas se usa cimento quando leva armaduras para formar cintas ou taipas sobre as aberturas. Por dentro, a parede é rebocada e por fora é tijolo à vista pintado. Casa ideal para povoados rurais.



Fig. VII-28. Cobertura com pré-moldado de tijolo mais 2.5 cm. de argamassa e pintura. (*-5).



Fig. VII-29. Pátio com pérgola e coluna de tijolo armado. (*-5).



Fig. VII-30. Quando os vidros são fixos as divisões são de tijolo. (*-5).



Fig. VII-31. Paredes externas de meio tijolo à vista pintado. (*-5).



Fig. VII-32. O beirado continua o telhado. (*-5).

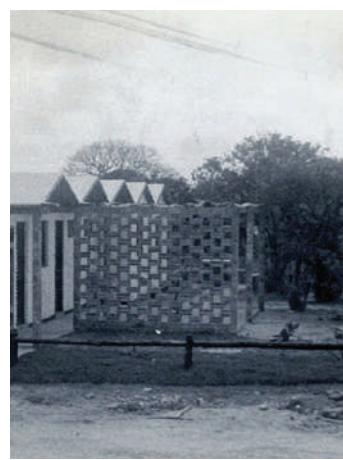


Fig. VII-33. Casa adequada a povoados rurais. (*-5).



Fig. VII-34. Casinha popular, cobertura plissada, parte está apoiada nas paredes e parte é autoportante, na vaga do carro. (*-5).



Fig. VII-35. Cobertura apoiada nas paredes. (*-5).



Fig. VII-36. Viga de tijolo faz de tensor. (*-5).



Fig. VII-37. Idem figura anterior. (*-5).



2 Figs. VII-38. Mostrando a montagem do telhado. Somente se coloca uma tábua guia na parte superior, pois a parte debaixo do pré-moldado apoia-se na parede. (*-5).



2 Figs. VII-39. Cobertura plissada autoportante sobre avarandado. (*-5).

Como consequência de termos resultado um sistema construtivo muito econômico, nesta cidadezinha interiorana do Uruguai (Rio Branco), de eco-

nomia rural, fazendo fronteira com sua cidade gêmea do Brasil (Jaguarão), foram feitas muitas construções usando a cobertura plissada, na década dos anos 70.

4.2.4 - Exemplo de comércios - Arq. José M. Aroztegui



Fig. VII-40. Locais comerciais em construção. (*-5).



Fig. VII-41. Cobertura plissada autoportante (*-5).



Fig. VII-42. Cobertura autoportante vista interior, em construção. (*-5).



Fig. VII-43. Esquina do quarteirão com comércios, com cobertura plissada. (*-5).

Observe-se que esta cobertura tem seus apoios nos extremos sobre uma viga ou sobre uma cinta sobre a parede. Cada vale não tem um pilar de

apoio no seu extremo. A posição dos pilares é totalmente independente da modulação dada pela separação dos vales.



Fig. VII-44. Vista do vale com tijolo à vista. Vidro fixo superior com montante de tijolo, a baquete direto no tijolo. (*-5).



Fig. VII-45. Barbacoa, cobertura e pilares de tijolo armado. (*-5).



Fig. VII-46. Liceu de Vichadero/
Uruguai, acesso principal. (*-5).



Fig. VII-47. Cobertura plissada autoportante com
pilares de tijolo armado sem tensor. (*-5).



Fig. VII-48. Vista interior da sala de aula com paredes
e cobertura em tijolo à vista pintado. (*-5).



Fig. VII-49. Vista externa desde o pátio do conjunto. (*-5).

5

PROCESSO DE MONTAGEM DE COBERTURAS PLISSADAS AUTOPORTANTES

Antes de começar a montagem, verificamos se todas as colunas, as vigas ou as paredes com as suas cintas-tensores estão prontas e com o

tempo suficiente para receber as cargas, as armaduras de espera no seu lugar e com a dimensão adequada.

1º PASSO - NÍVEIS DE REFERÊNCIA E CONTRAPISO

O Primeiro passo que se deve fazer é marcar um ponto de nível de referência fixo até que a cobertura esteja pronta. Relativo a esse ponto, dá-se o nível de todo o contrapiso. Em nível da cobertura, dá-se a

posição dos dois extremos de todos os vales. Também sobre o contrapiso, que foi feito previamente, depositam-se, no lugar certo, os pré-moldados em quantidades iguais às que serão usadas na cobertura.

2º PASSO - ESCORAMENTO

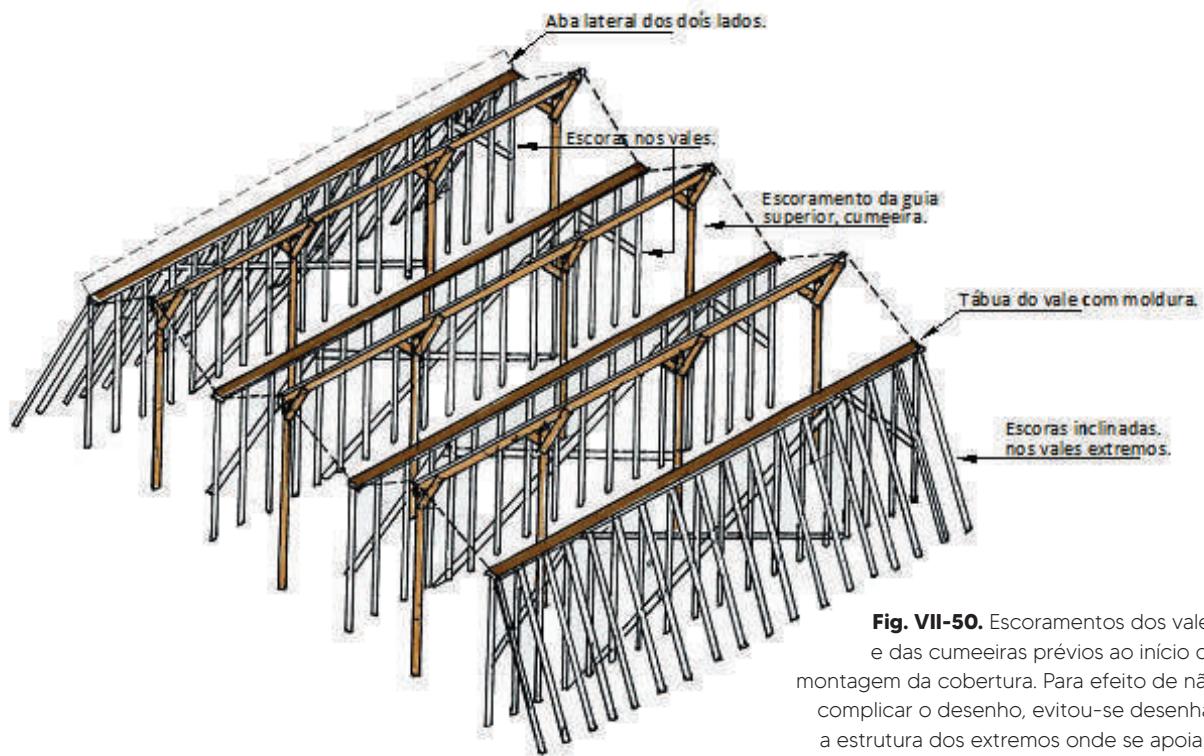


Fig. VII-50. Escoramentos dos vales e das cumeiras prévios ao início da montagem da cobertura. Para efeito de não complicar o desenho, evitou-se desenhar a estrutura dos extremos onde se apoia a cobertura plissada. Também não se colocaram outras travas de segurança. (*-5).

3º PASSO - COLOCAÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS

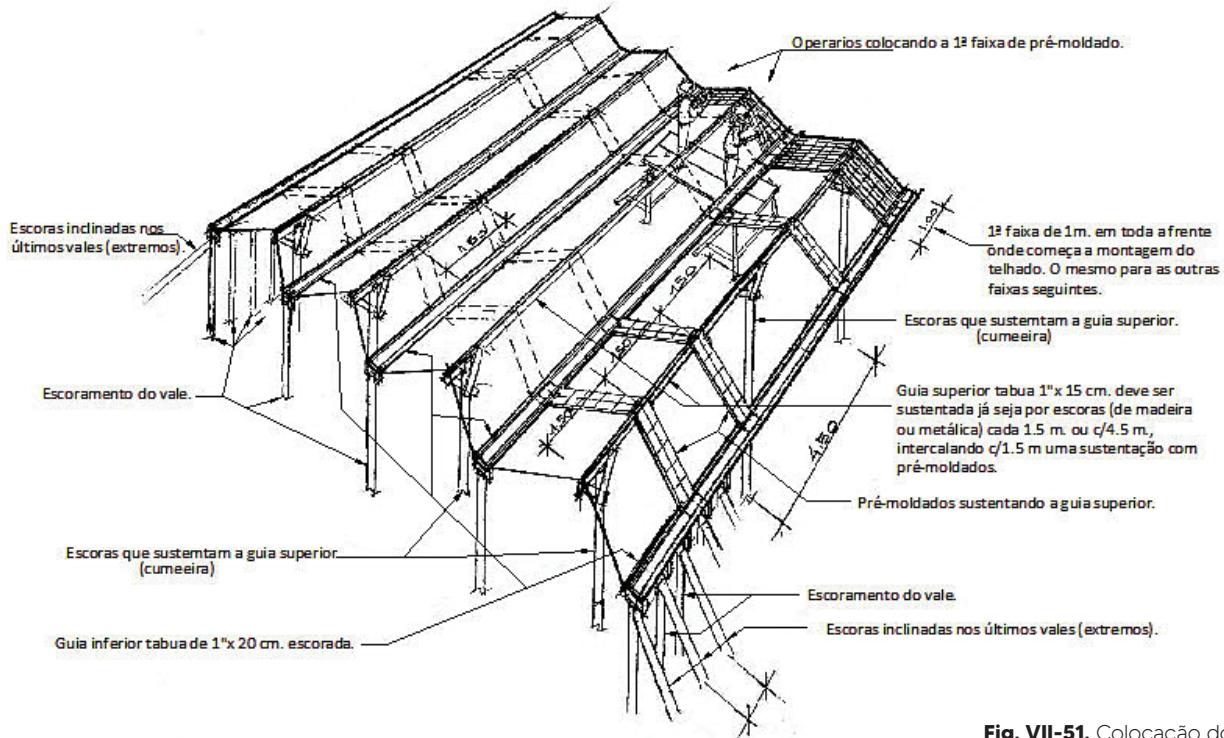


Fig. VII-51. Colocação dos pré-moldados. (*-5).

Neste passo se colocam os pré-moldados. Começa-se por uma faixa frontal de aprox. 1 m., para logo ir avançando. Antes de avançar em uma nova faixa de 1 m. é necessário preencher a junta em obra entre os pré-moldados; isto se faz segundo as indicações do Cap. III, Fig. III-75 e III-76. O cuidado maior reside no qual o plano da borda do pré-moldado que abrange os dois lados do triângulo esteja na vertical e perpendicular ao vale que se coloca horizontal. Antes de começar a colocar os pré-moldados, marcar a posição na tábua guia da cumeeira. Na tábua do vale, põem-se molduras ou ripas que marcam a posição do tijolo visto por baixo com juntas marcadas. Tais molduras marcam também a posição sem erros da ponta de baixo dos pré-moldados.

Colocados todos os pré-moldados, de ponta a ponta da cobertura, procede-se à colocação das armaduras segundo o projeto estrutural e similar ao telhado da Fig. VII-52. Teremos uma tela fina eletrosoldada de 15 cm. x 15 cm. com Ø 3.6 mm. de distribuição de esforços em toda a cobertura. Também teremos tela dupla nos vales, armaduras especiais nas cumeeiras e algumas vezes tela dupla. Nos vales

4º PASSO - COLOCAÇÃO DE ARMADURAS

Colocados todos os pré-moldados, de ponta a ponta da cobertura, procede-se à colocação das armaduras segundo o projeto estrutural e similar ao telhado da Fig. VII-52. Teremos uma tela fina eletrosoldada de 15 cm. x 15 cm. com Ø 3.6 mm. de distribuição de esforços em toda a cobertura. Também teremos tela dupla nos vales, armaduras especiais nas cumeeiras e algumas vezes tela dupla. Nos vales

colocamos as armaduras principais ou armaduras que poderão ser protendidas. As bordas terão suas armaduras como as já vistas no Cap. III (Figs. III-83, III-84). Pode também o projeto estrutural determinar a necessidade de armaduras para o esforço de corte, que formarão uma quadrícula perto do apoio. Poderemos ter também junto à cumeeira, sobre os apoios, armadura para o momento negativo.

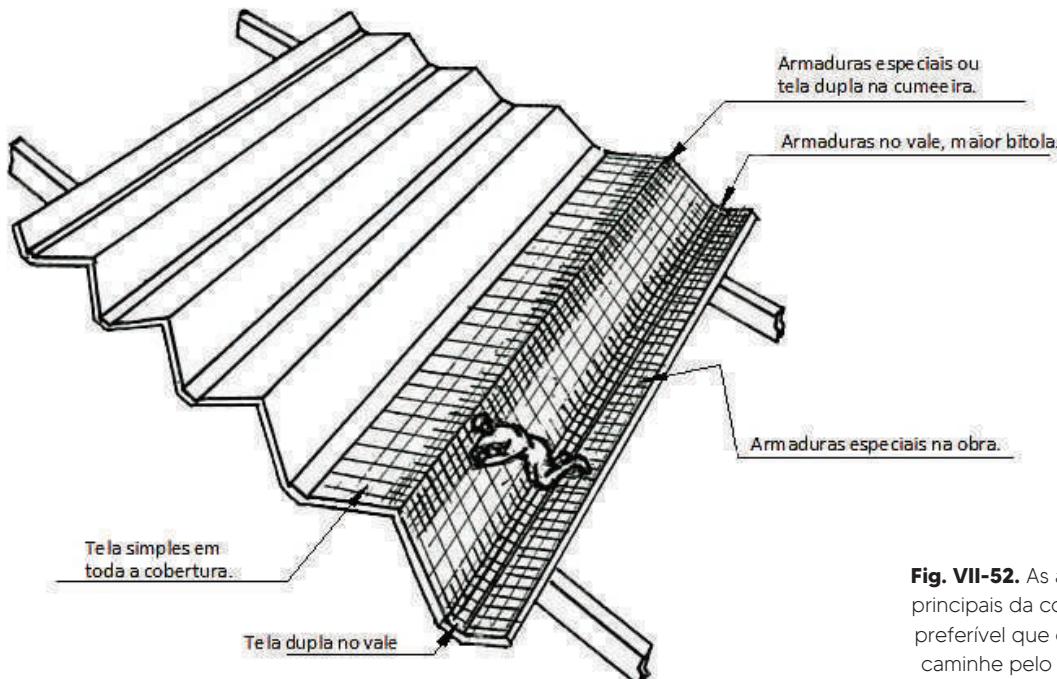
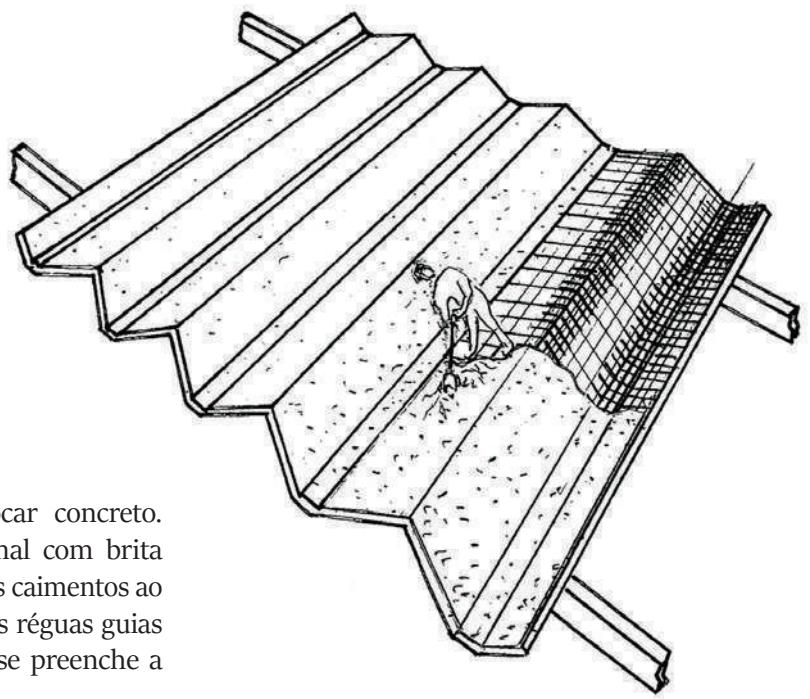


Fig. VII-52. As armaduras principais da cobertura. É preferível que o operário caminhe pelo vale. (*-5).

5º PASSO - COLOCAÇÃO DA CAMADA DE CONCRETO



Neste passo, procede-se a colocar concreto. Primeiro se coloca o concreto normal com brita graúda nos vales, com seus respectivos caimentos ao deságue da chuva. Após se colocam as réguas guias da espessura (entre 3 cm. e 5 cm.) se preenche a cobertura com concreto de brita fina.

Este concreto pode ter um acabamento desempenado. Os operários circulam pelo vale e a cobertura deve ser bem molhada antes de concretar. Depois de 2 horas de concretado cada lugar, é fundamental que se proceda a molhar o concreto, o curado do mesmo deve protegê-lo do sol, para isso se estende em toda a cobertura panos de juta molhados.

Fig. VII-53. Operário colocando o concreto. É preferível que o trabalho se faça caminhando pelo vale. (*-5).

6º PASSO - RETIRADA DAS ESCORAS

Depois de 3 dias de concretado, retiram-se as tábuas-guias das cumeeiras que estavam escoradas, deixam-se as tábuas guias da última cumeeira de cada lado. Aos 21 ou 28 dias, retiram-se todas as

escoras dos vales e suas tábuas e das últimas cumeeiras. O tempo para desescorar depende da qualidade do cimento usado. As escoras se retiram em paralelo do centro do vão na direção dos apoios.

7º PASSO - LIMPEZA DAS REBARBAS E IMPERMEABILIZAÇÃO

Neste passo que seria o último, procede-se a limpar as rebarbas da cobertura por baixo e aperfeiçoar todas as bordas. Por cima, dependendo do que foi planejado e feito ao concretar, é possível

passar uma fina camada impermeabilizante para depois pintar de branco. Usa-se comumente manta asfáltica aluminizada e se pinta de branco.

6

CONSIDERAÇÕES GERAIS IMPORTANTES

6.1 - DIMENSÕES DOS PRÉ-MOLDADOS

Nas coberturas autoportantes plissadas, o vão livre não convém passar de 11 m. Consequentemente, os pré-moldados serão curtos, próximos a 1.7 m. no caso extremo. Vejamos os desenhos para esse vão, tomados de um dimensionamento de uma obra. (Fig. VII-54).

O pré-moldado neste caso tem 1.77 m; esta medida deve ajustar-se a tijolo inteiro ou $\frac{1}{2}$ tijolo, o pré-moldado não terá mais de 35 kp. de peso. Isto significa que serão fáceis de manusear entre 2 operários. O vale assim como a tábua guia da cumeeira terão marcado o lugar certo para colocar o pré-moldado.

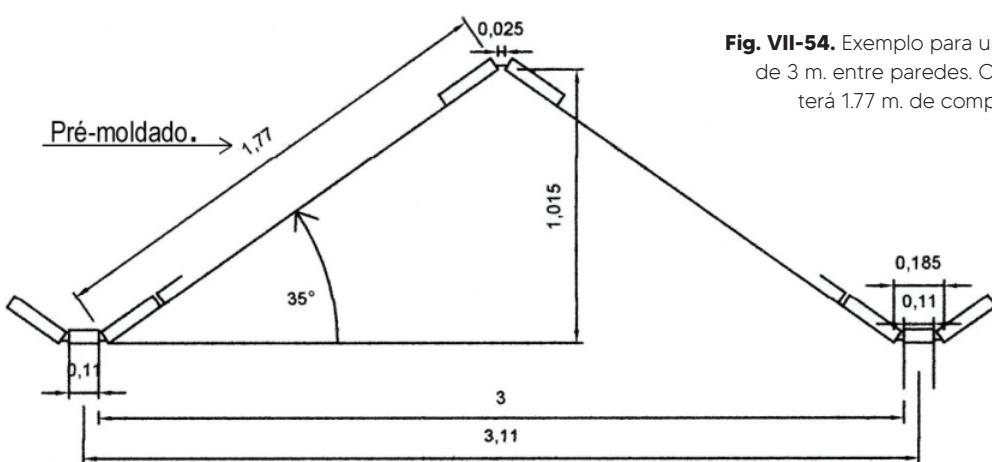


Fig. VII-54. Exemplo para um vão clássico de 3 m. entre paredes. O pré-moldado terá 1.77 m. de comprimento. (*-5).

6.2 - EMPUXO HORIZONTAL

– O empuxo horizontal do último vale na montagem não ultrapassa os 50 kp/ml. Com uma escora inclinada c/1 m. fica resolvido o problema.

6.3 - CUIDADOS ESPECIAIS

– Os andaimes e as tábuas dos andaimes não podem encostar ou fixar-se em nenhum elemento da estrutura ou auxiliar a estrutura (escoras, tábuas, etc.) durante a montagem.

– Os níveis, as cunhas, as escoras e as tábuas que sustentam a estrutura na montagem devem ser

revisados minuciosamente, previamente, porque, durante a montagem, está proibido bater, dar marteladas, pregar pregos, etc..

– Quando for necessário caminhar sobre a cobertura, o operário caminhará pelo vale.

6.4 - QUANDO O SISTEMA É O MAIS CONVENIENTE?

– Quando se quer fazer cobertura autoportante e o vão a cobrir não é superior a 11 m. para que os pré-moldados sejam curtos e possam ser colocados manualmente.

– Quando o tijolo maciço é barato e temos em abundância, de boa qualidade e de boa resistência testada.

– Quando não temos um andar em cima da cobertura.

– Quando o Arq. ou Eng. fazem bom projeto com este visual.

– Quando queremos para os vãos já indicados o sistema mais rápido e econômico.

7

COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DAS COBERTURAS PLISSADAS

Voltamos aos primeiros conceitos e nos perguntamos, estas estruturas plissadas devem ser catalogadas como membranas, cascas ou placas?

– As membranas dependem da curvatura para suportar cargas, pertencem à categoria de estruturas nas quais a sua forma permite suportar esforços de tração e só de tração, não suportam esforços de compressão ou corte. Exemplo: balão, lona, etc..

– Cascas são estruturas muito delgadas, pelo seu formato resistem a tensões pequenas de tração,

compressão, corte e pequenos esforços de flexão. Normalmente se dá o nome em inglês “shell structure”, temos, por exemplo, as caparacões dos caracóis, as cascas dos ovos das aves, etc.

– Laminares ou placas onde duas dimensões são longamente superiores à terceira dimensão (espessura) além de suportar esforços de tração, compressão e corte, suportam também grandes esforços de flexão na sua espessura. Nossas estruturas plissadas são feitas com lâminas ou placas.

7.1 - O EFEITO DO PLISSADO

Uma primeira análise se fará com uma folha de papel. Lembramos que aos efeitos de modelo reduzido é válida essa folha, ela comporta-se como

uma membrana, enquanto na realidade a estrutura comporta-se como um conjunto de placas.

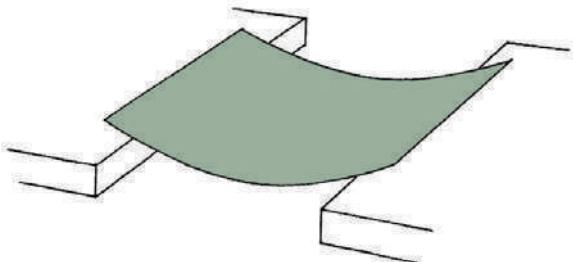


Fig. VII-55. Se colocamos uma folha de papel simplesmente apoiada em duas bordas, ela se afunda e chega a cair, isto quer dizer que ela não é autoportante (vide definição). (*-5).

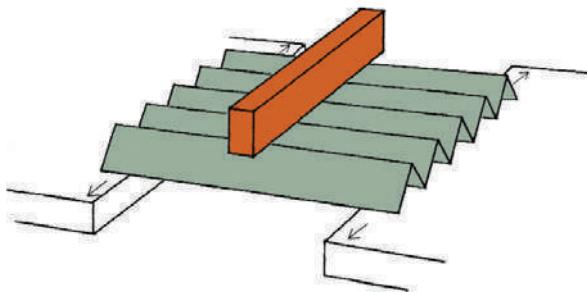


Fig. VII-56. Se nessa mesma folha de papel fazemos pregas, como as das figuras e com o mesmo vão, observamos que ela se auto sustenta, ou seja, transforma-se em autoportante, e até pode resistir a um pequeno peso extra. (*-5).

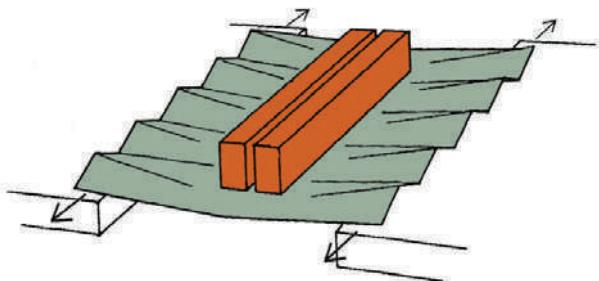


Fig. VII-57. Se aumentamos o peso e permitimos que os extremos se deslizem sobre os apoios, a cobertura afunda-se e cai. As pregas se abrem e se desdobram. (*-5).

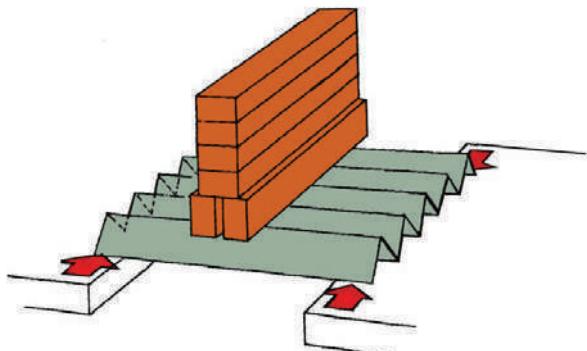


Fig. VII-58. Se as pregas são iguais entre si e evitamos a abertura das mesmas, já seja com tensores, vigas, etc., nos extremos, a cobertura além de autoportante sustentará uma carga muito maior. (Ver os exemplos em fotos). Observações: não é necessário rechear os triângulos tímpanos e dar rigidez aos mesmos. (*-5).

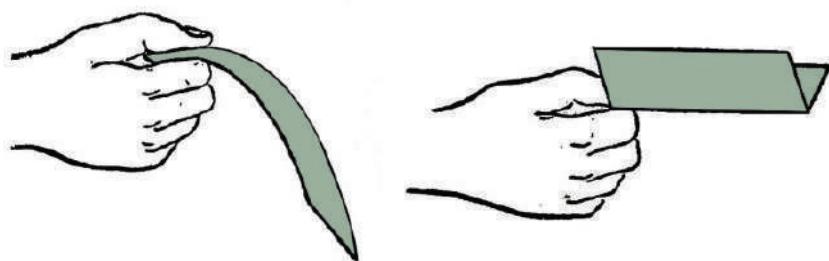


Fig. VII-59. Para os balanços, a capacidade resistente também pode ser demonstrada ao se plissar uma folha. (*-5).

7.2 - ANÁLISE DAS CARGAS NO PLISSADO

Vejamos as cargas no plissado, ou seja, peso próprio ou cargas extras eventuais ou permanentes.

7.2.1 – Primeiro vamos analisar no sentido transversal ao plissado

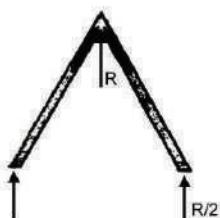
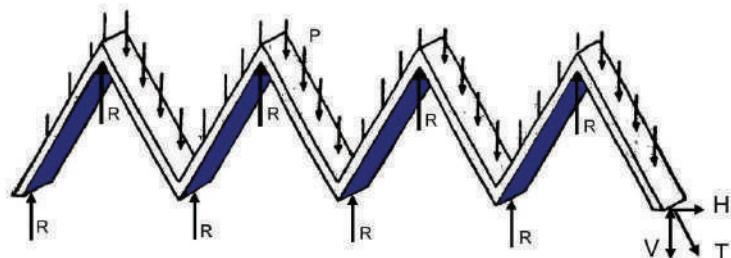


Fig. VII-60. Consideramos uma fatia transversal da cobertura com cargas distribuídas, consideram-se as placas apoiadas nos extremos com reações R vertical, a última placa tem uma ação inclinada T, que será desdobrada em V ($R/2$) vertical e H horizontal. (*-5).

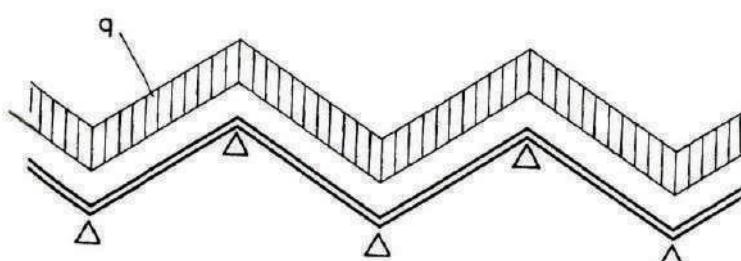


Fig. VII-61. Esquema de cargas e apoios das placas em uma fatia transversal com uma aba em balanço no extremo direito. Nas cargas que são consideradas uniformes, existe um apoio em cada dobra. (*-5).

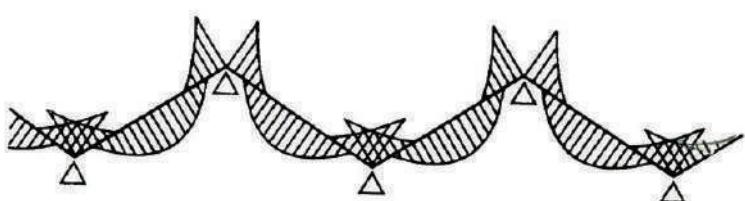


Fig. VII-62. Diagrama de momento da figura acima com aba em balanço no último vale à direita. (*-5).

Como nos lembramos dos desenhos anteriores, nossa estrutura não se fará com formas contínuas, e, sim, com pré-moldados para que sobre eles se ponha o concreto. As formas e o escoramento se farão com tábuas guias escoradas para montar nossa estrutura de tijolo armado.

Para montar nossa estrutura plissada, usaremos os pré-moldados entre a tábua do vale e a tábua da cumeeira (Fig. VII-63). Lembre-se que esse pré-moldado se fabrica com uma arma-

dura entre os tijolos, que será necessária para o momento transversal da placa, entre a cumeeira e o vale. Como na prática da obra, tem-se demonstrado que nossos pré-moldados não superam + 1.65 m. de comprimento, e com a mínima armadura 1 Ø 5 ou 6 mm. (CA 50 ou 60) no pré-moldado já é suficiente para esse momento. Se voltarmos ao detalhe construtivo, precisamos verificar, na cumeeira, a armadura do momento negativo como mostra o diagrama de momentos transversais.

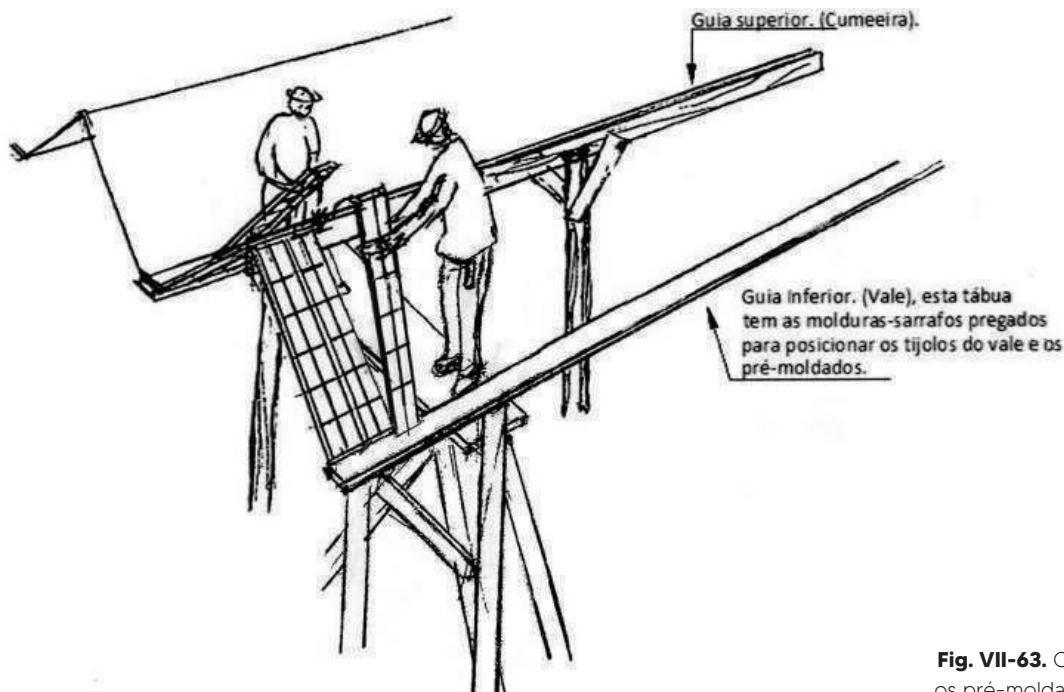


Fig. VII-63. Colocando os pré-moldados. (*-5).

7.3 - ESTRUTURA PLISSADA SEGUNDO O VÃO PRINCIPAL (ℓ)

7.3.1 - As cargas

As nossas placas, lembrando a folha de papel, se é uma laje armada horizontal de 10 cm. de espessura, serve para pequenos vãos entre 4 m. ou 5 m., mas se a transformarmos em uma placa plissada, o momento de inércia (I) se multiplica, em consequência o mesmo acontece com a capacidade resistente.

Poderemos, com a nossa tecnologia, atingir vãos de mais de 11 m.. O vão a atingir pode ser muito maior, só que no nosso caso, para atingir o maior custo-benefício, esse é o vão ideal, o que exige um tamanho de elemento pré-moldado que permite uma montagem manual.

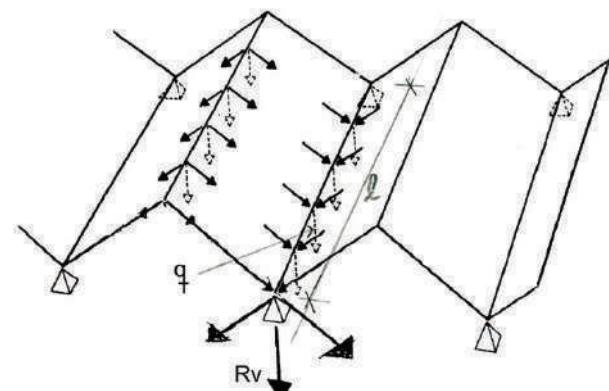


Fig. VII-64. Esquema de distribuição de cargas. (*-5).

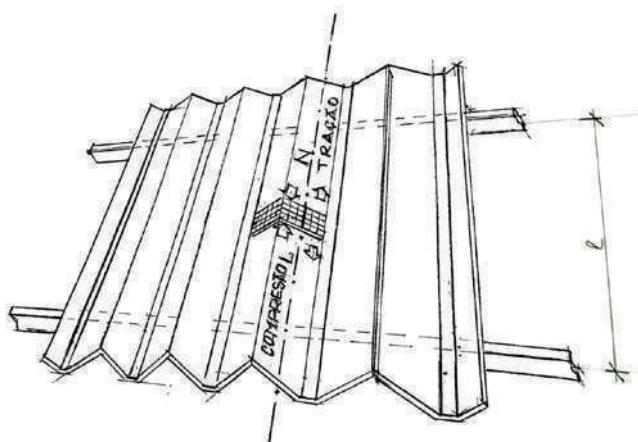


Fig. VII-65. Vista mais realista com espessuras, balanços e esforços no centro do vão l. (*-5).

DIMENSIONAMENTO

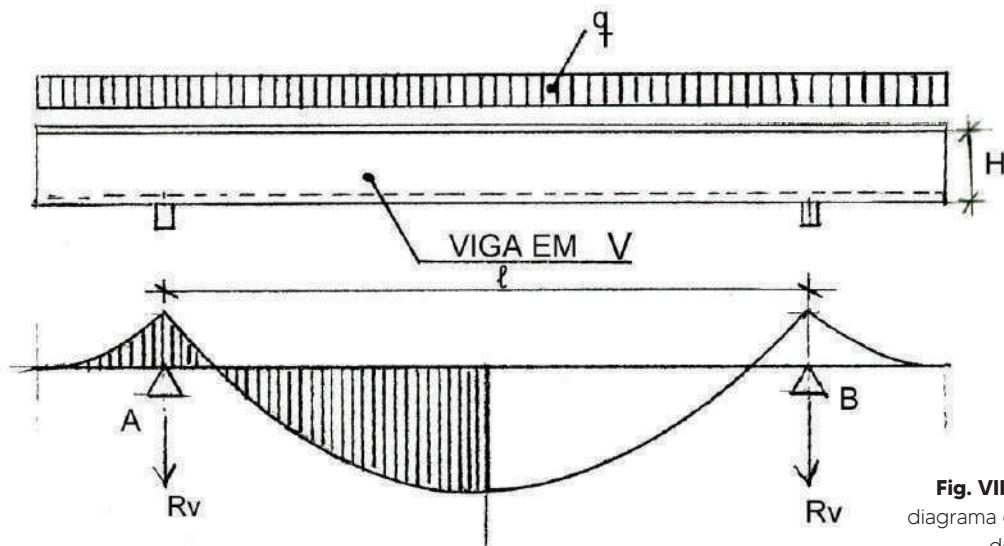


Fig. VII-66. Cargas e diagrama de momentos de viga V. (*-5).

O dimensionamento desta estrutura resulta numa operação demasiado simples. Primeiro, verificamos a laje transversal contínua com vãos horizontais $\ell \leq 1.5$ m., em que normalmente as armaduras e os tijolos para as necessidades de montagem já resolvem o problema. Segundo, para o vão principal teremos a viga retangular equivalente à viga em V, segundo a Fig. VII-67.

Devemos olhar os detalhes construtivos da Fig. VII-9 e nos lembrar de estar a viga retangular composta de tijolo e concreto, consequentemente devemos saber:

- A resistência à compressão do tijolo em si será levada em conta.
- A resistência à compressão do concreto que vamos utilizar.

Devemos determinar a posição das armaduras principais a fim de descobrirmos o "h" para o respectivo dimensionamento.

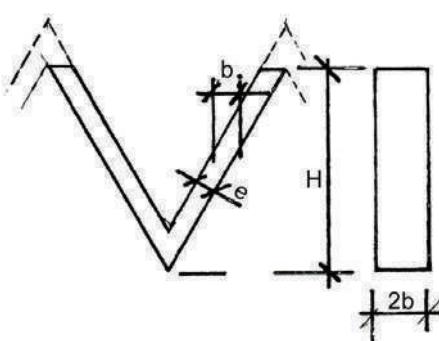


Fig. VII-67. Viga retangular equivalente ($H \times 2b$) a viga em V. (*-5).

7.3.2 – Esforço cortante

Quando, além das armaduras de montagem nos pré-moldados, das armaduras da malha eletrossoldada de distribuição, faz-se necessário acrescentar mais armaduras junto aos apoios da viga em V para o esforço constante, coloca-se uma malha eletrossoldada, a necessária, com as armaduras a 45° como no detalhe, Fig. VII-68.

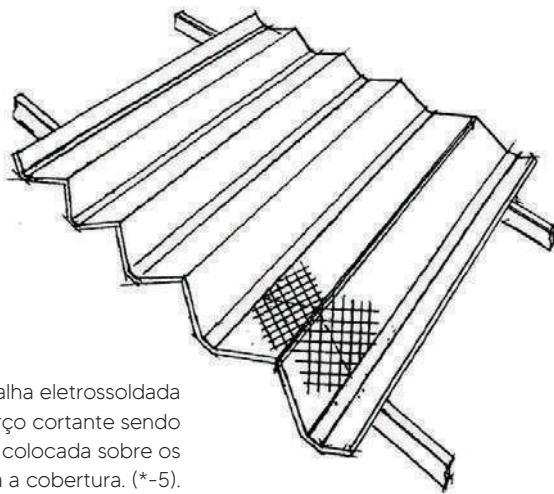


Fig. VII-68. Malha eletrossoldada extra para esforço cortante sendo necessário ser colocada sobre os apoios em toda a cobertura. (*-5).

7.4 – NOVAS COBERTURAS PLISSADAS

Existem muitas opções de coberturas plissadas, tantas como a imaginação quiser.



Fig. VII-69. Cobertura em leque. (*-5).

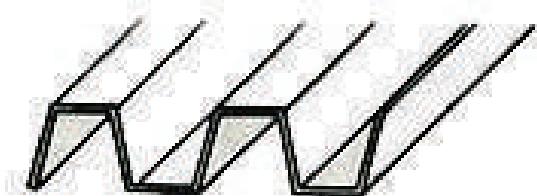
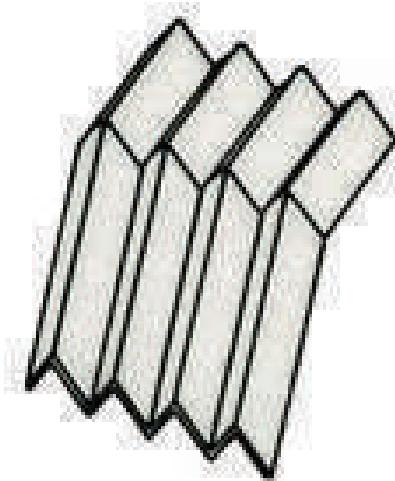


Fig. VII-70. Cobertura com plissados combinados. (*-5).

()
CAPÍTULO VIII

CÚPULAS

()

Resumen (español)

Cúpulas con radio – guía sin encofrado

Describe como se genera una cúpula y su estabilidad. Las cúpulas consideradas son semiesféricas o casquete de esfera. En estas cúpulas parte está en compresión y parte está en tracción (Fig. VIII-1 a VIII-6).

El sistema constructivo

Ejemplo de cúpula en tapa de caja de agua (Fig. VIII-7 a VIII-15).

Ejemplo de cúpula para horno de carbón (Fig. VIII-19 a VIII-24). Radio guía (Fig. VIII-22). Ejemplo de la cúpula de la terminal de ómnibus de S. do Livramento, BR.. Etapas de construcción, esquema de esfuerzos. 4^a etapa – la cúpula, las acciones en el terreno (bases), el centro de curvatura el radio – guía, detalles de la colocación de los ladrillos y 20 fotos demostrativas.

Ejemplo en residencia familiar, casa Nasser. Los elementos formales son la cúpula, el arco de medio punto y la bóveda. Detalles constructivos (Fig. VIII-73) con muchas fotos de la Fig. VIII-66 a la Fig. VIII-72 de la VIII-75 a la Fig. VIII-77 se describen el proceso constructivo en sus diversas etapas y las diferentes partes de la obra terminada Figs. VIII-78 a la Fig. VIII-84. Ejemplo de casa hecha todas en ladrillo con bóvedas y cúpulas. Por ultimo con dibujos se muestran muchos tipos de cúpulas que se han construido por ejemplo en el cap. XIII las Figs. XIII-56 hasta la XIII-60.

Summary (english)

Domes with radio – guide without formwork

It describes how a dome is generated and its stability. The domes considered are hemispherical or sphere caps. In these domes, part is in compression and part is in traction (Fig. VIII-1 to VIII-6).

The construction system

Example of a dome in a water box lid (Fig. VIII-7 to VIII-15). Example of a dome for a coal oven (Fig. VIII-19 to VIII-24). Guide radio (Fig. VIII-22). Example of the dome of the bus station from S. do Livramento, BR. Stages of construction, scheme of efforts. 4th stage – the dome, the actions on the ground (bases), the center of curvature, the guide-radio, details of the placement of the bricks and 20 demonstration photos. Example in family residence, Nasser house. The formal elements are the dome, the semicircular arch and the vault. Construction details (Fig. VIII-73) with many photos of Fig. VIII-66 to Fig. VIII-72, VIII-75 to Fig. VIII-77 describes the construction process in its various stages and the different parts of the completed work Figs. VIII-78 to Fig. VIII-84. Example of a house made all of brick with vaults and domes. Finally, many types of domes that have been built are shown with drawings, for example in chap. XIII las Figs. XIII-56 through 60.

1

CÚPULAS COM CINTEL SEM FORMAS

Nesta família de coberturas curvas de cerâmica armada, diz-se que a “Cúpula” não é mais do que uma “abóboda” que foi gerada diferente. Ambas usam as propriedades e o comportamento estrutural do arco, enquanto a abóboda é gerada pelo arco diretriz plano. Seus extremos se deslocam paralelos conforme as geratrizes retas; por outro lado, a cúpula é gerada pelo giro de um arco meridiano ao redor de um eixo.

No arco, a chave ou qualquer aduela se acunham em um só sentido, o da curva geratriz. De acordo com o desenho, as aduelas são o que chamamos de “cunha”, onde os esforços transmitem-se para cima e para baixo, mas não para os laterais. Se tirássemos uma aduela do arco que gera a abóboda, esta entraria em colapso.

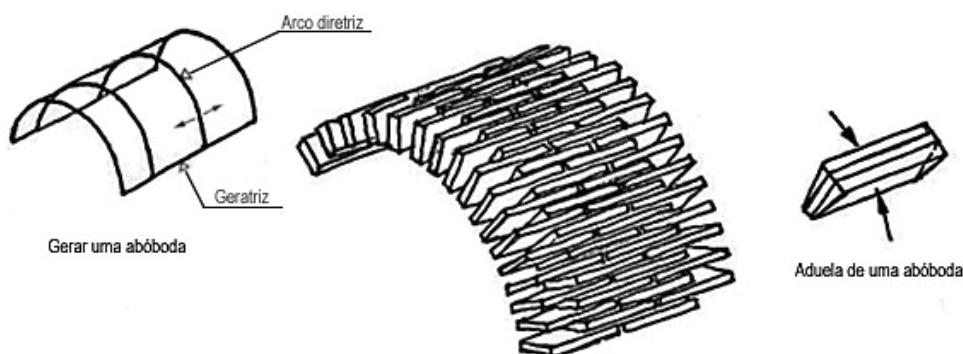


Fig. VIII-1. Um conjunto de arcos conforma uma abóboda. (*-8).

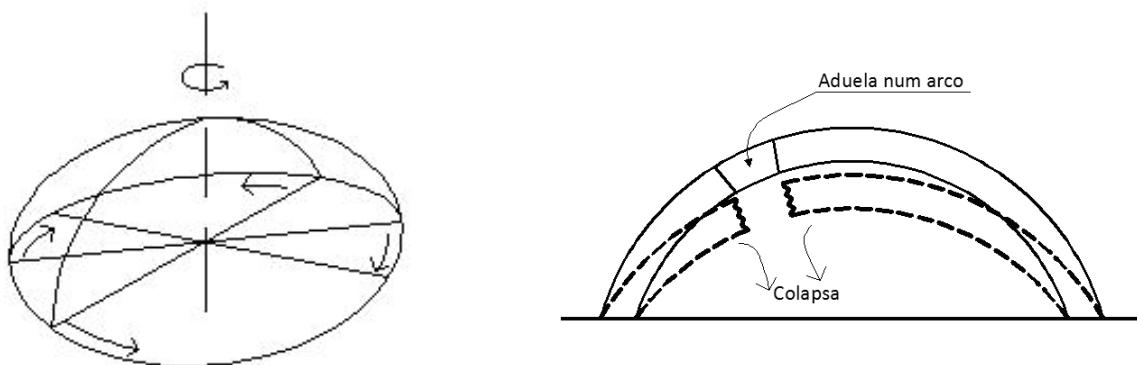


Fig. VIII-2. Como se gera uma cúpula. (*-8).

Fig. VIII-3. Se tirarmos uma aduela, o arco colapsa. (*-8).

Pelo contrário, a cúpula que está gerada pelo giro de um arco meridiano, ao redor de um eixo vertical, desenvolve uma superfície de dupla curvatura. Assim sendo, chegamos à conclusão de que as aduelas da cúpula acunham-se nos dois sentidos

- dos meridianos e dos paralelos - , como mostra a Fig. VIII-4. Os esforços das aduelas atuam para cima, para baixo e para os laterais. Isto vai permitir suprimir não só a aduela chave, mas também muitas fiadas superiores.

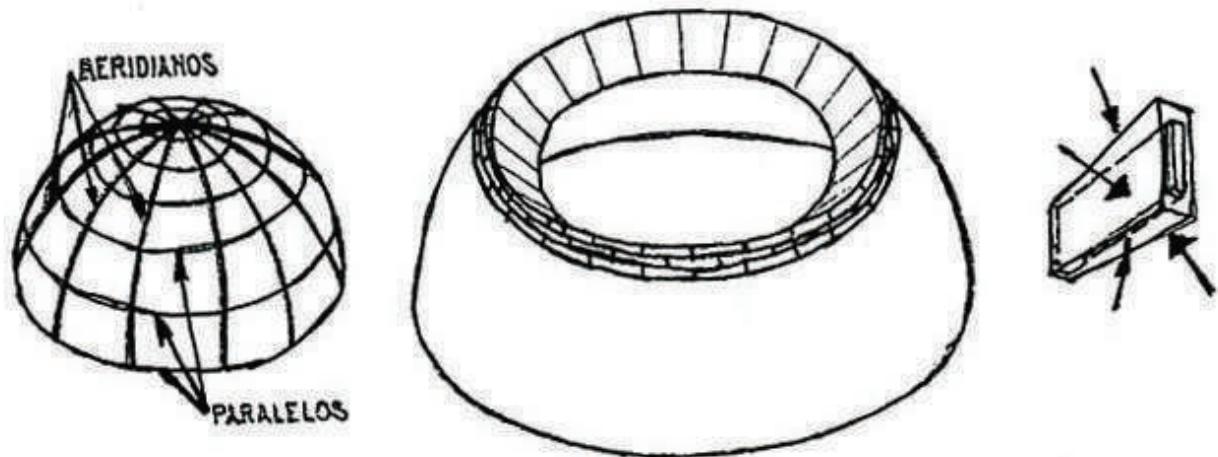


Fig. VIII-4. A cúpula fica em pé mesmo que retiremos muitas aduelas. Observe que a aduela (cunha) transmite esforços nos dois sentidos. (*-8).

Como estamos vendo, não é somente uma diferença formal a da abóboda com a cúpula, e, sim, fundamentalmente uma diferença de comportamento estrutural. Enquanto em um caso a distribuição das tensões são planas, no outro, são espaciais.

As cúpulas usadas em nossas obras foram do tipo esféricas. Essas cúpulas foram geradas por arcos de circunferência, arcos meridianos de meio ponto, os quais giram em volta de seu eixo central.

Veremos que este formato ou perfil da cúpula não é um simples capricho estético, mas, sobretudo, um formato que permite fazer a cúpula com um sistema construtivo muito fácil.

O princípio do sistema construtivo consiste em organizar os tijolos fazendo fiadas cônicas. À medida que vão subindo, as fiadas vão formando um círculo de menor diâmetro (Fig. VIII-5), e os planos das faces dos tijolos vão-se tornando cada vez mais verticais.

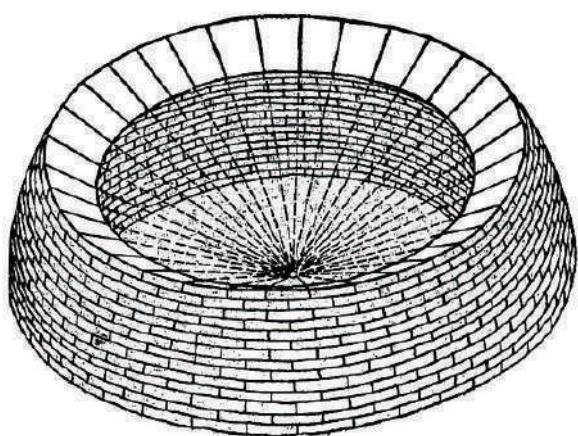


Fig. VIII-5. As fiadas da cúpula são cônicas. (*-8).

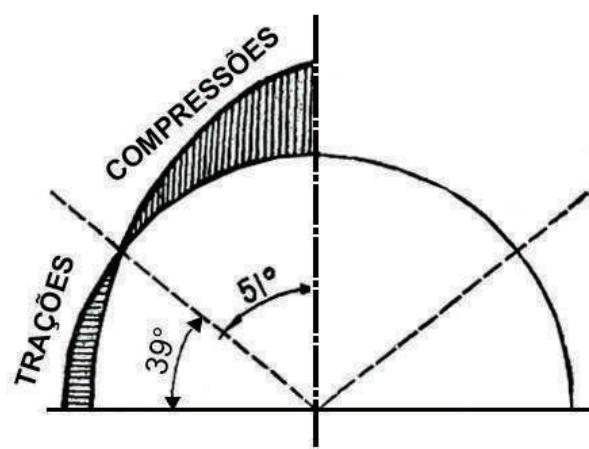


Fig. VIII-6. Esforços em cúpula esférica. (*-8).

No caso das cúpulas esféricas ou de meio ponto, submetidas às cargas verticais (ou próprio peso), caracterizam-se porque os círculos ou fiadas que estão entre o ângulo 0° e o ângulo 39° , isso referente ao centro, sofrem esforços radiais (trações) que não permitiriam continuar a cúpula (Fig. VIII-6).

Atualmente, isto se resolve muito fácil, pois antes de seguir subindo, colocam-se armaduras na superfície externa, em forma de anel horizontal, que absorvem os esforços radiais, permitindo finalizar a cúpula (Figs.VIII-31 a VIII-45).

2

SISTEMA CONSTRUTIVO

OBRA

Sítio Santo Antônio (1987)

PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Município de Viamão -
Rio Grande do Sul/Brasil

O sistema construtivo usado só se aplica em cúpulas de $\frac{1}{2}$ ponto, ou seja, são parte de uma esfera ou podem chegar ao máximo de meia esfera.

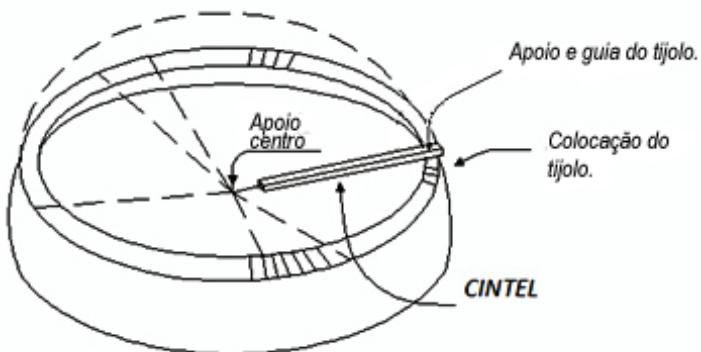


Fig. VIII-7. Fazendo uma cúpula com cintel. (*-9).



Fig. VIII-8. Sitio Sto. Antônio – Viamão/RS. O mirante com adega, churrasqueira e caixa d’água. No forro do mirante e na tampa da caixa d’água, fez-se uma cúpula de tijolo. (*-5).

2.1 - CONSTRUINDO UMA CÚPULA

Desde tempos imemoriais, constroem-se cúpulas da forma que vamos mostrar, baseado no elemento auxiliar fundamental: o cintel e o tijolo como material principal. Existem exemplos em que o tijolo usado não é cozido, digamos, é tijolo cru. Usa-se tijolo cru em lugares desérticos, onde não chove nunca. O cintel é um sarrafo de madeira (Fig. VIII-7) ou ferro, é o raio da cúpula; têm um sarrafo curto atravessando em um dos extremos, que serve de apoio para o tijolo recém colocado; o outro extremo

(Fig. VIII-11) que se apoia no centro da cúpula terá um ponto afiado com uma mobilidade de 360° , que, em geral, é uma ponta metálica.

Nesta fazenda perto de Porto Alegre, em Viamão, usaram-se as construções existentes para ampliá-las, fazer um mirante e incluir uma caixa d’água de tijolo com tampa cupuliforme, o mesmo usado para o forro do mirante. A seguir, veremos uma sequência de como se faz uma cúpula de tijolo com o cintel.



Fig. VIII-9. Aqui o pedreiro está colocando a argamassa com a colher para receber o próximo tijolo. Como temos a necessidade de uma "pega rápida" da argamassa, nestes casos, podemos usar acelerante de pega, visto que não temos armadura na junta. (*-5).



Fig. VIII-10. O pedreiro está colocando o tijolo encostado na argamassa e o apoiando no cintel. O cintel ou raio da cúpula é um sarrafo de madeira bem simples, na sua ponta de baixo tem um prego que apoia no centro da cúpula. (*-5).



Fig. VIII-11. O pedreiro está colocando e apertando o tijolo. Em decorrência de ser o tijolo muito liso, dá-se um salpique na face dos próximos tijolos para que a argamassa adira mais rápido, e o próximo tijolo colocado não escorregue para baixo; este salpique se pode fazer nos tijolos antes de começar a cúpula. Nota-se que o tijolo se apoia na travessa do cintel. (*-5).



Fig. VIII-12. O pedreiro ajusta com o martelo a posição do tijolo. (*-5).



Fig. VIII-13. O pedreiro apertando o tijolo na fiada da cúpula. (*-5).



Fig. VIII-14. Neste caso, de acordo com as condições da argamassa, o pedreiro decidiu colocar mais argamassa para os próximos tijolos a fim de perder umidade. A limpeza das rebarbas das juntas se faz com colher, e o maior ou menor capricho depende de um detalhe: se a cúpula fica à vista ou não. (*-5).

A solução de caixa d'água foi um sucesso, por ser rápida e econômica. Além disso, ao pedreiro, que nunca havia feito, bastou poucas explicações para ele ‘pegar a mão’. Quando a cúpula vai ficar num local à

vista, é necessário caprichar na limpeza das juntas e também limpar as manchas no tijolo. A argamassa das juntas não deve ter aditivo de cal.



Fig. VIII-15. Forro cupuliforme no mirante do Sitio Sto. Antônio - o sistema construtivo desta cúpula é o mesmo da caixa d'água. (*-5).



Fig. VIII-16. Vista do acesso com o mirante por trás. (*-5).



Figs. VIII-17 e VIII-18. Vista do resto das construções, mantendo o mesmo estilo. (*-5).

3

CÚPULAS EM FORNOS DE CARVÃO

No Brasil, existem empresas que extraem tanino da acácia negra. Desta atividade, sobra a madeira cortada que se aproveita fazendo carvão. Para melhor fazer o carvão, é necessário fazer fornos de tijolo assentes em argamassa de areia

e barro, os quais são redondos e sua cobertura é uma cúpula.

Embora primitivos, fornos de alvenaria ainda são uma importante opção no carvoejamento. Foram introduzidos diversos melhoramentos, tendo como

resultado técnicas bastante diferenciadas, proporcionando melhores rendimentos e melhor controle da qualidade do produto final que é o carvão.

Com os mesmos materiais se fazem diversos tipos de fornos, usados conforme as necessidades. Abordaremos o chamado “Forno Rabo Quente”, porque, em função de sua simplicidade construtiva e baixo custo, é o mais difundido.

Em geral, estes fornos iniciam com uma base cilíndrica vertical de 7 fiadas, usa-se o cintel Fig. VIII-20 na posição horizontal cuja ponta se apoia no centro do piso, logo vai subindo horizontalmente, seguindo as fiadas até a sétima. Normalmente, o forno tem um raio interior de 1,50 m., Fig. VIII-19, e uma porta de entrada de 60 cm., que serve para introduzir a lenha.

Fig. VIII-19. Planta Baixa tipo de forno “Rabo Quente”, diâmetro 3 m., 1^a fiada com os “tatús” de ventilação que se faz suspendendo um tijolo e com entrada de 60 cm. para carregar o forno. (*-9).

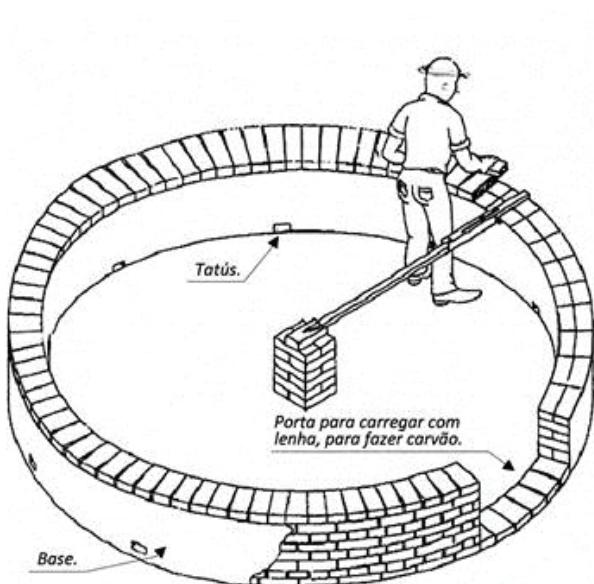
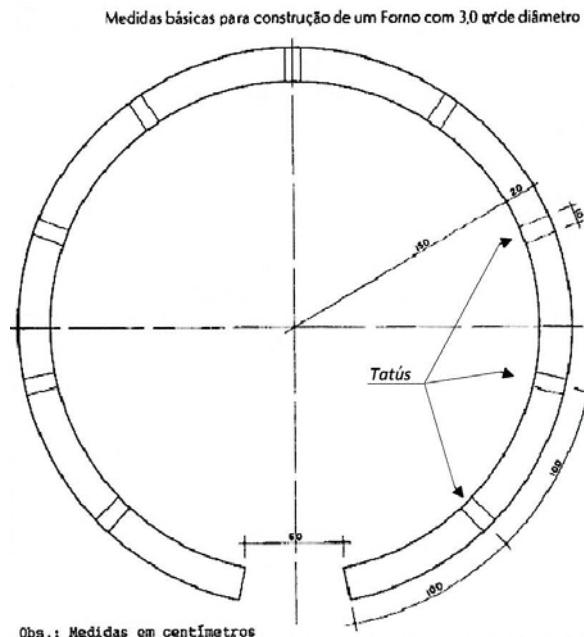


Fig. VIII-20. Fazendo a base reta vertical do forno de carvão. (*-9).

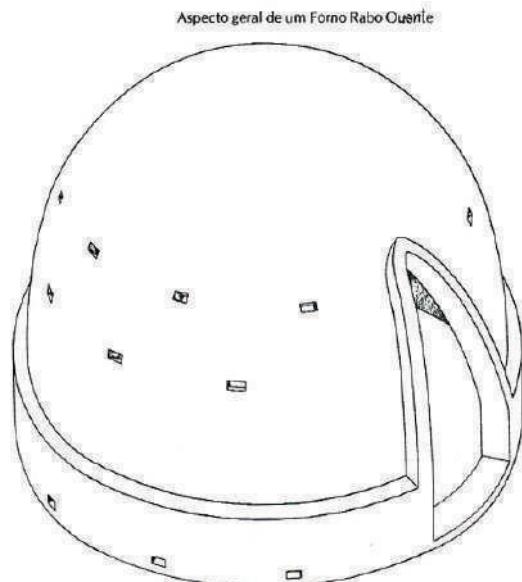


Fig. VIII-21. Uma vista superior do forno. Rabo Quente. (*-9).

3.1 - COMEÇANDO A CONSTRUIR A CÚPULA DO FORNO

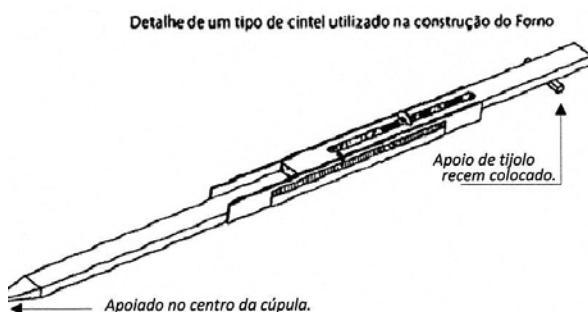


Fig. VIII-22. Cintel para fazer cúpulas.
Este cintel em particular deve ser variável no seu comprimento. (*-9).

O cintel e o raio da cúpula, a ponta se apoia no centro da cúpula. No outro extremo, tem uma madeira atravessada para apoio do tijolo que vai ser colocado. Como se vê, o cintel é regulável.

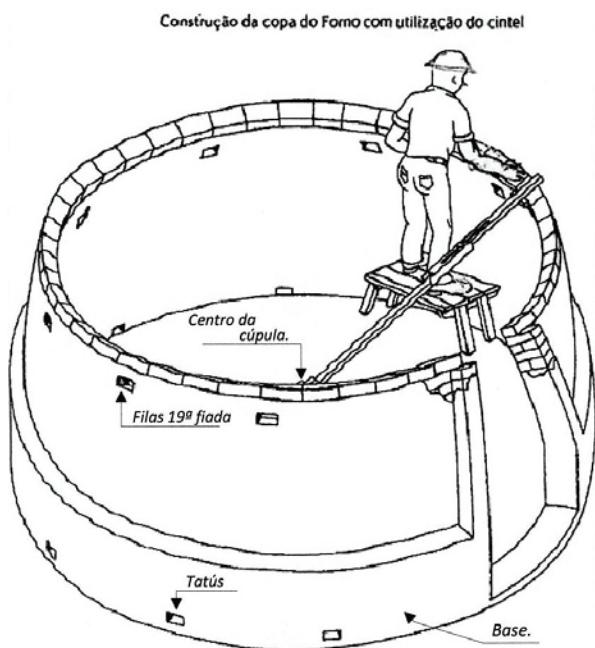
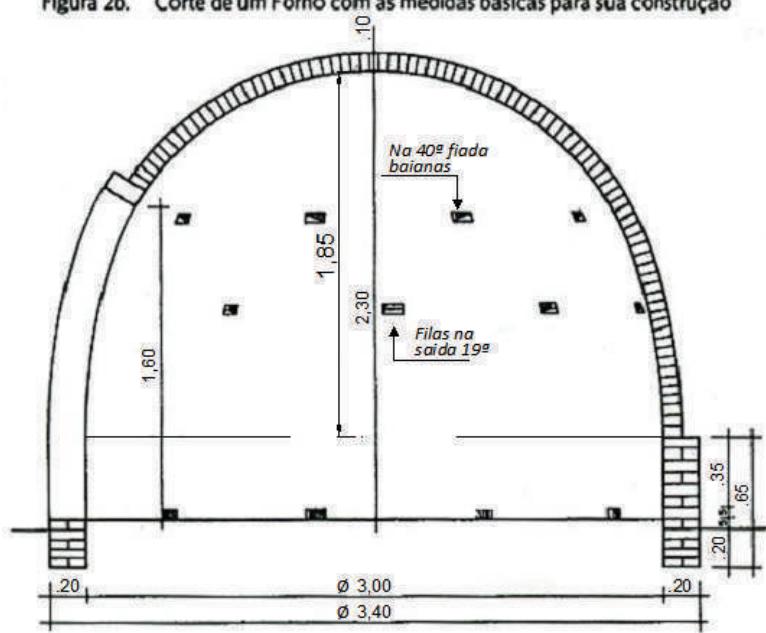


Fig. VIII-23. Construindo a cúpula do forno "Rabo Quente", para fazer carvão, observa-se a utilização do cintel. (*-9).

Figura 2b. Corte de um Forno com as medidas básicas para sua construção



Obs.: Medidas em centímetros

Fig. VIII-24. Corte no eixo passando pelo acesso de 1,60 de altura com base cilíndrica de tijolo inteiro de 7 fiadas e cúpula de 3 m. de diâmetro e 1,85 m. de flecha feita com meio tijolo. Na construção da cúpula, o cintel é alongado 1 cm. a cada fiada assentada até a 40ª fiada; a partir desse ponto, não se muda o comprimento do cintel e se fecha a cúpula. As 10 "filas" na 19ª fiada são tijolos que se retiram, o mesmo para as 7 "baianas" na 40ª, a contar sempre do piso.

4

EXEMPLO DE CÚPULA NA AMPLIAÇÃO DE UMA RODOVIÁRIA

OBRA

Rodoviária de Sant'Ana do
Livramento (2017)

PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Sant'Ana do Livramento - Rio
Grande do Sul/Brasil

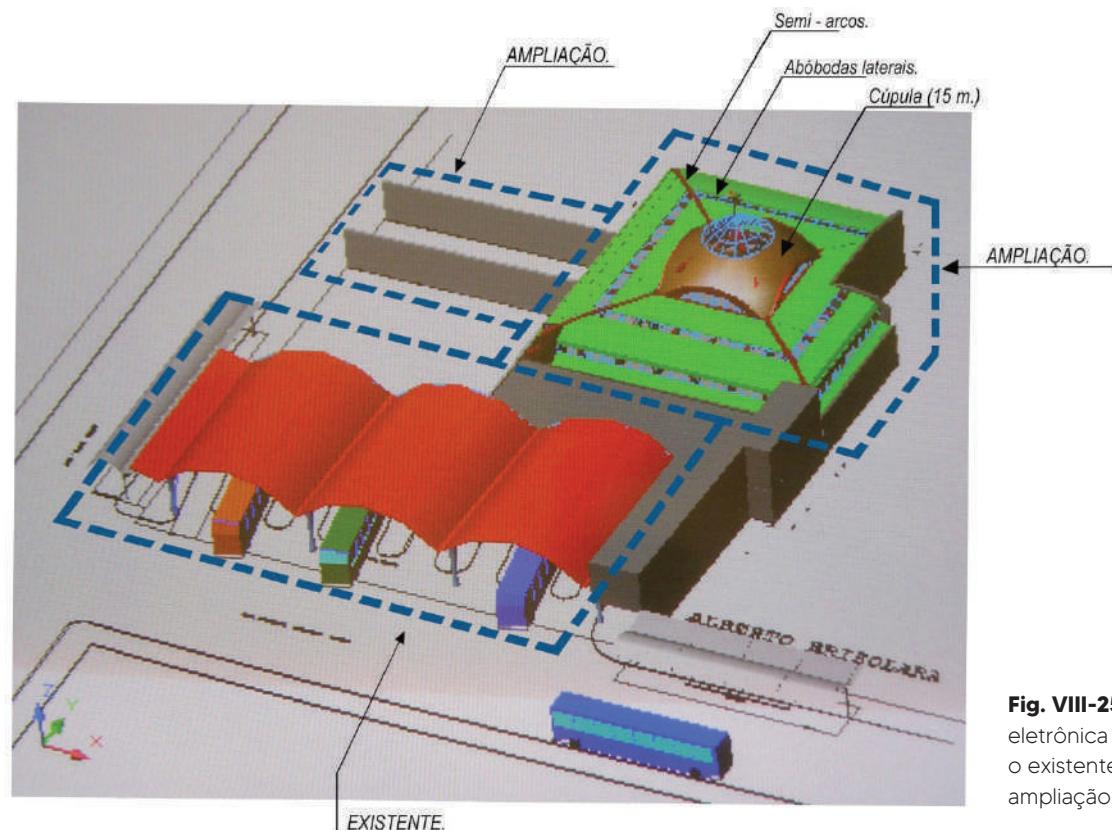


Fig. VIII-25. Maquete
eletrônica do conjunto,
o existente mais a
ampliação. (*-5).

LOCALIZAÇÃO

A localização é curiosa. Livramento/RS, ou Sant'Ana do Livramento, é uma pequena cidade de 70.000 habitantes, situada no extremo sul do país. Encostada no Uruguai, ligando-se à cidade uruguaia

chamada Rivera, isto é, não há separação entre as duas. Em outras palavras, é metade Município de Livramento (Brasil) e outra metade pertencente ao de Rivera (Uruguai).

ANTECEDENTES

A Rodoviária de Livramento foi feita há 50 anos, em 1966. A primeira construção foi feita com as coberturas em abóbodas autoportantes de tijolo armado. Hoje, quando se planteou sua ampliação, a primeira ideia que surgiu era que devia ter uma coerência com o mais singular dela, as abóbodas de

tijolo armado. Apareceu então no projeto a cúpula de tijolo, os arcos de tijolo e as abóbodas de “espelho” em volta da cúpula.

Aproveitamos esta obra para, além de fazer a análise estrutural, mostrar como se faz a cúpula, as abóbodas, as abas laterais e os arcos.

A ESTRUTURA

Esta estrutura é muito interessante, porque é toda feita com tijolo maciço com arcos, semiarcos (“arc-botante”), abóbodas e cúpula. Nesse esquema estrutural, acrescentados os tensores por baixo do piso, poder-se-á observar que todos os empuxos

horizontais estão equilibrados. Os esforços inclinados ou horizontais chegarão à fundação como esforços verticais, e uma organização estrutural autoestável (Figs. VIII-26 e VIII-27).

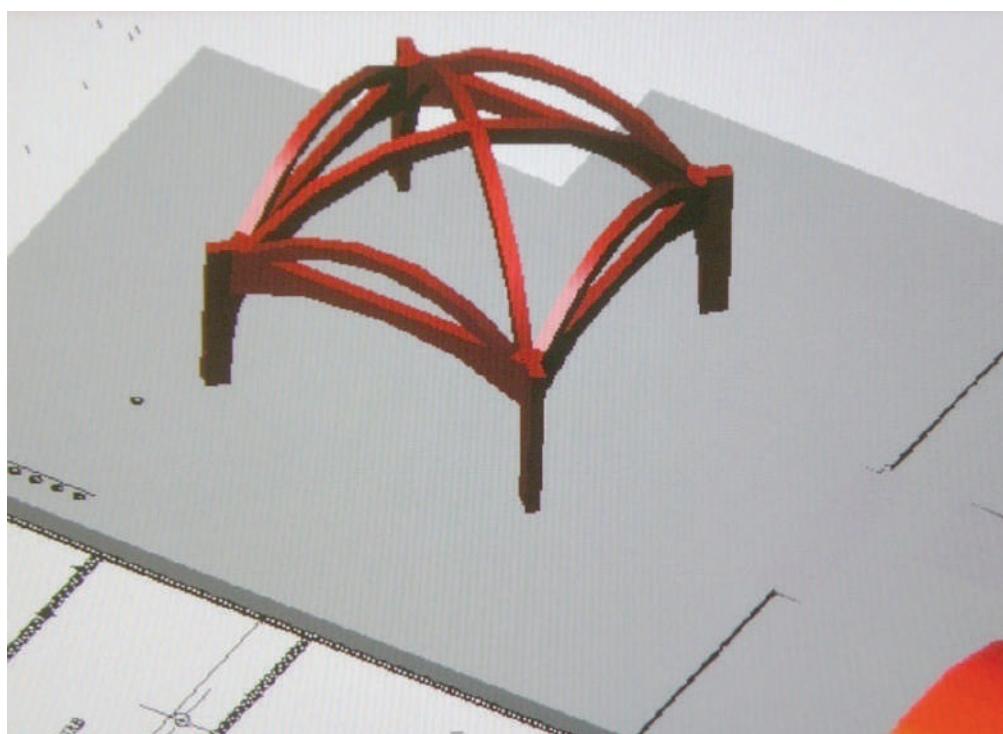


Fig. VIII-26.
Núcleo central da
construção que
foi o primeiro a ser
construído. (*-5).

4.1 - ETAPAS DE CONSTRUÇÃO

1^a ETAPA DE CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA

O primeiro a ser construído foi o núcleo central estrutural, que é autoestável e capaz de resistir com sua rigidez aos esforços horizontais provocados pela estrutura construída à sua volta, nas etapas seguintes.

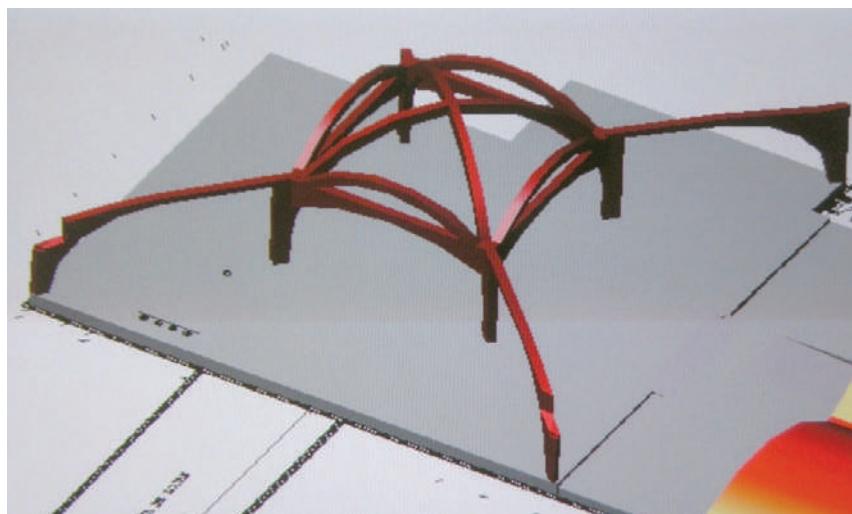
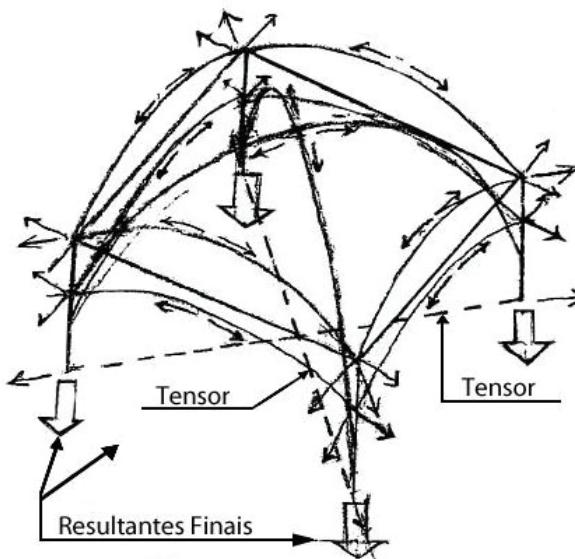
A estrutura feita em tijolo armado usa figuras geométricas (arcos), que, essencialmente, provocam esforços de compressão.

Prévio a tudo, colocam-se os tensores soterrados (Fig. VIII-27), logo se fazem os arcos centrais, cruzados em diagonal, e por último o quadrado com vigas-arcos apoiadas nos 4 (quatro) pilares. Também se fortalecem os nós que estão nos ângulos do quadrado e que recebem diversos arcos e, naturalmente, formam-se pórticos com os pilares (Fig. VIII-27).

ESQUEMA ESTRUTURAL (FIG. VIII-27) DA 1^a ETAPA

É um quadrado central onde virá, posteriormente, a cúpula de 15 m. de diâmetro. Este quadrado estrutural é autoestável; pode-se dizer, *grosso modo*, que somente tem esforços de compressão e tração; que não tem momentos notórios; e que os esforços de tração estão absorvidos por tensores sob o piso e pela viga-arco, na parte superior dos pilares.

Nota: estão indicadas somente as ações e não as reações. Na realidade, depois das ações e reações, as resultantes finais serão 4 forças verticais nos pilares.



2^a ETAPA DE CONSTRUÇÃO

Nesta etapa, fazem-se os semiarcos diagonais que se apoiam na parte superior do quadrado central. Sabemos do esquema anterior que, nesse ponto, na esquina do quadrado central, havia uma ação resultante em diagonal com sentido externo. Estes semiarcos, ao terem resultantes em sentido contrário (vide esquema Fig. VIII-29), colaboram na estabilidade do conjunto.

Quando colocarmos a cúpula, os esforços diagonais salientes do quadrado central aumentarão. Na base dos semiarcos diagonais, o equilíbrio fica estabelecido com os tensores diagonais soterrados.

3^a ETAPA DE CONSTRUÇÃO

O primeiro que se faz é colocar, na altura do quadrado central, 4 vigas em perfil normal PNI de abas largas, na posição sextavada, para absorver esforços horizontais dos semiarcos, logo após se proceder à montagem dos semiarcos laterais (Fig. VIII-31).

Os semiarcos laterais têm comportamento igual ao visto no esquema anterior, com empuxo

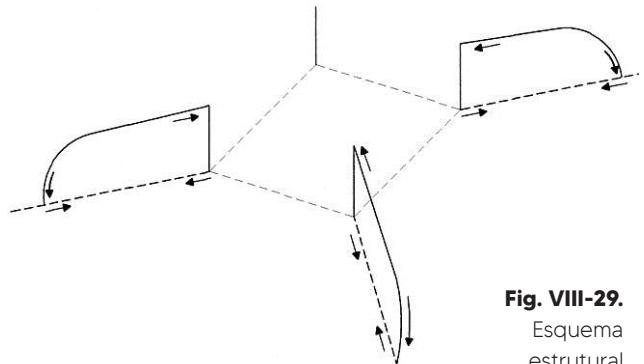


Fig. VIII-29.
Esquema estrutural
2^a Etapa. (*-5).

horizontal na base, sendo que no extremo superior o sentido do empuxo horizontal é para dentro. Este empuxo é contra, restando pela viga horizontal em posição sextavada.

Esta carga horizontal se descompõe, uma força comprime a viga do sextavado e a outra força comprime a viga-arco do quadrado central.

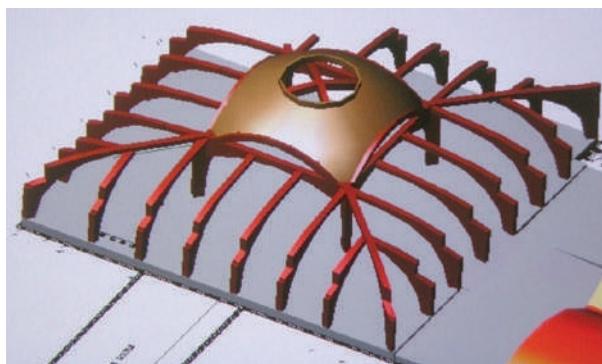


Fig. VIII-30. Nas etapas 3^a e 4^a da construção é onde estão os semiarcos laterais (“arc boutante”) e a cúpula central. (*-5).



Fig. VIII-31. Observam-se as vigas metálicas que fazem o sextave e que absorvem os esforços horizontais do “arc boutante”. À esquerda da figura, abóbadas industrializadas são vistas. (*-5).

4^a ETAPA DE CONSTRUÇÃO

Nesta etapa, faz-se a cúpula no decorrer do processo de construção, ao chegar ao nível superior dos arcos laterais do quadrado central, inicia-se a colocação de uma armadura em volta da cúpula, o que elimina qualquer empuxo horizontal que virá quando se continuar a cúpula (Fig. VIII-31).

As cargas da cúpula agora serão verticais; a zona da cúspide da cúpula está em compressão, o que permite fazer um amplo lanternim para iluminação de 5 m. de diâmetro.

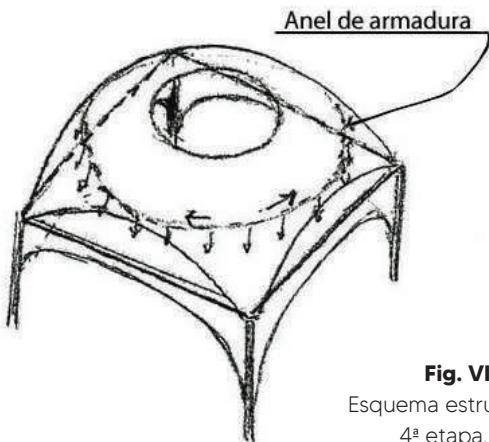


Fig. VIII-32.

Esquema estrutural:
4^a etapa. (*-5).

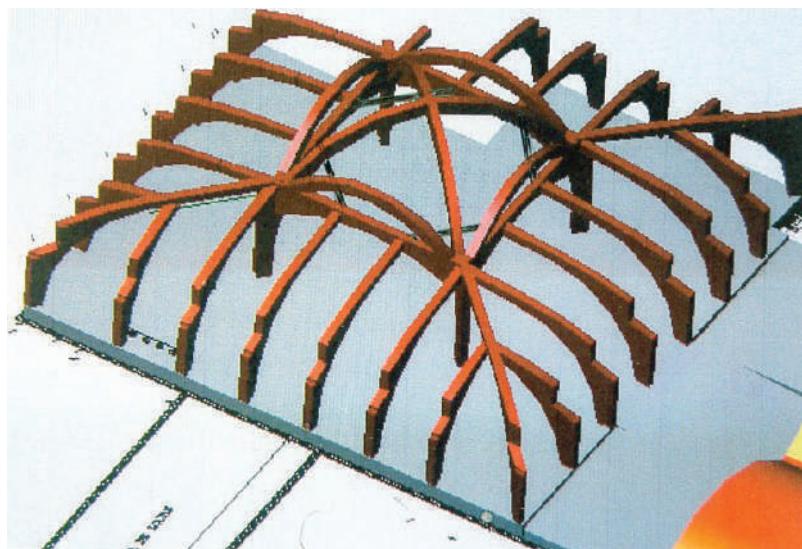


Fig. VIII-33. 3^a Etapa da construção:
ao núcleo central e às diagonais que já
estavam feitas, acrescentam-se a viga do
sextave e, logo todos, os semiarcos. (*-5).

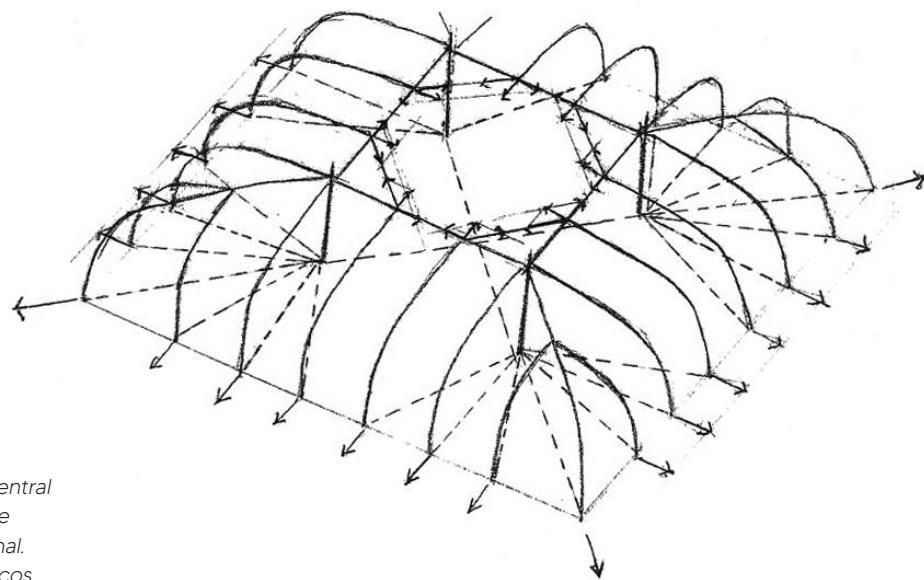


Fig. VIII-34. 3^a Etapa: esquema estrutural. (*-5)

Neste esquema, estão indicadas somente as ações. As bases dos 4 (quatro) apoios do quadrado central se mantêm no lugar porque, entre elas, estão os tensores em diagonal. Com a colocação de mais semiarcos, aumentam-se forças no sentido externo, que são absorvidas pelos tensores.

Nas imagens das Figs. VIII-35 e VIII-36, observam-se por baixo as abóbodas de pouca curvatura

apoiadas nos meios arcos laterais. Essas abóbodas também se chamam de “espelho”.

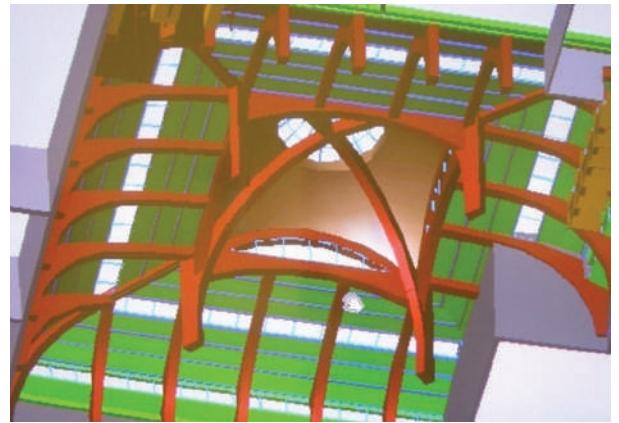


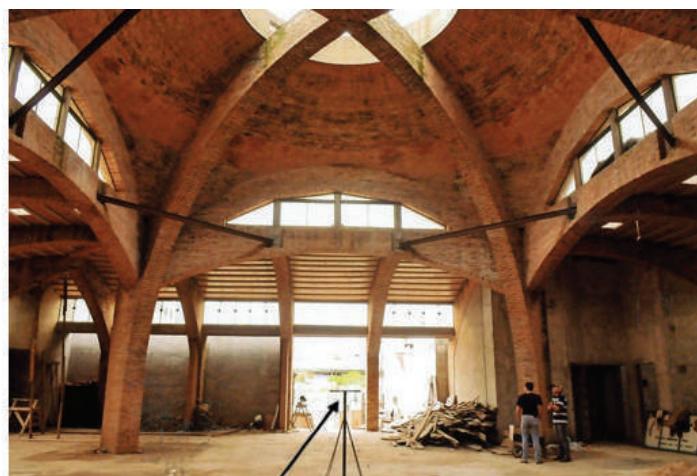
Fig. VIII-35 e VIII-36. Vista inferior da cúpula numa maquete eletrônica simplificada. (*-5).



Fig. VIII-37. 1^a Etapa de construção onde são feitos os arcos diagonais que já comportam os 4 pilares e os arcos-viga. (*-5).



Fig. VIII-38. 2^a e 3^a Etapa de construção onde são feitos os semiarcos diagonais e os semiarcos laterais, já estão colocadas as vigas sextavadas. A cúpula começou a ser feita. (*-5).



Centro de curvatura da estrutura do quadrado central



Fig. VIII-40. Centro de curvatura dos elementos estruturais do quadrado central. Após a marcação da obra, este foi o primeiro elemento a ser posto para guiar a construção. Está elevado do piso a 1,50 m.. Observe o extremo do cintel metálico apoiado no centro da cúpula. (*-5).



Fig. VIII-41. Este é o começo da cúpula onde o seu raio guia (cintel) vai do centro da cúpula ao tijolo que vai ser colocado na cúpula. (*-5).



Fig. VIII-42. A cúpula passa por cima dos arcos diagonais, mas muito próximo. (*-5).



Fig. VIII-43. Tijolo maciço recém colocado, sustentado pelo cintel. Pode-se ver o arco central diagonal à direita. (*-5).



Fig. VIII-44. A cúpula está ultrapassando a altura dos arcos laterais do quadrado central onde se apoia. Já estamos no momento de fazer o anel de armadura. (*-5).



Fig. VIII-45. Anel de armadura em colocação na cúpula. Com estas armaduras, absorvem-se os empuxos horizontais que começam a ter a construção da cúpula. (*-5).



Figs. VIII-46 e VIII-47. Andaires, escoras e cambotas para os arcos centrais. (*-5).



Figs. VIII-48 e VIII-49. Cambotas dos arcos centrais, estes estão feitos em tijolo armado. (*-5).



Figs. VIII-50 e VIII-51. Os arcos centrais prontos e as vigas-arcos-cintas em volta, em tijolo armado, em construção. (*-5).



Fig. VIII-52. Viga-arco-cinta em tijolo armado. (*-5).



Fig. VIII-53. Os semiarcos "arc boutante" na junção com a viga-arco. (*-5).



Fig. VIII-54. Os semiarcos. (*-5).

4.2 – IMAGENS DA AMPLIAÇÃO DA RODOVIÁRIA AO TERMINAR A OBRA

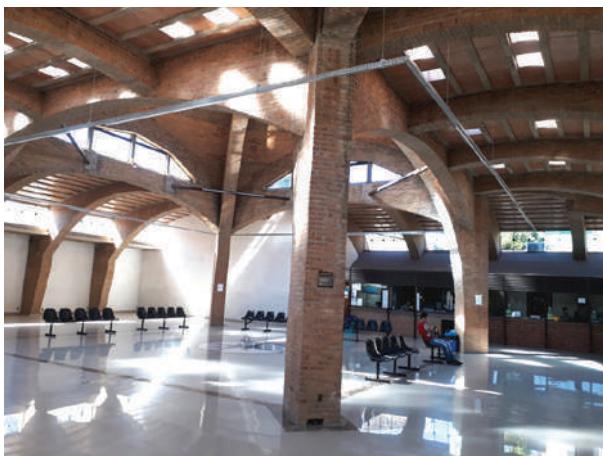


Fig. VIII-55. O hall central para espera, lojas e guichês. Iluminação zenital nas abóbodas de espelho. (*-5).



Fig. VIII-56. Iluminação zenital em volta do espaço central. (*-5).



Fig. VIII-57. A cúpula de 15 m. de diâmetro com iluminação de Ø 5 m. (*-5).

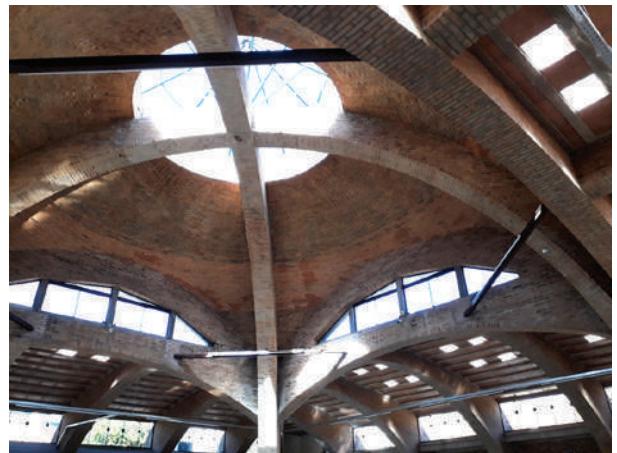


Fig. VIII-58. Espaço central sob a cúpula e os arcos cruzados de tijolo armado. (*-5).



Fig. VIII-59. Galerias laterais sob as abóbodas feitas com o sistema industrializado, lugar de futuras minilojas. (*-5).



Fig. VIII-60. Viga sextavada de perfil de ferro e encontro do arco cruzado com as vigas-arco dos lados do quadrado central. (*-5).



Fig. VIII-61. Comunicação com os ônibus. (*-5).



Fig. VIII-62. Chegada de vários arcos. (*-5).



Fig. VIII-63. Hall central para sala de espera e quiosques. (*-5).



Fig. VIII-64. Chegada de semiarcos laterais ao semiarco diagonal. (*-5).



Fig. VIII-65. Igual a figura anterior, vista de baixo para cima onde se observa a abóboda industrializada. (*-5).

5

RESIDÊNCIA FLIA. NASSER

OBRA

Residência familiar (2009-2011)

PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Sant'Ana do Livramento – Rio
Grande do Sul/Brasil



Fig. VIII-66. Vista da frente. (*-5).

Localizada em uma região onde tem uma mistura de nacionalidades, na fronteira sul do Brasil com o norte do Uruguai, na cidade de Sant'Ana do Livramento, junto à cidade uruguaia de Rivera. Daí a influência no uso do tijolo armado. Está localizada num terreno de 2.500 m², no limite entre a área rural e a área urbana. O desafio formal centra-se em ter o espírito subjacente da arquitetura familiar árabe, além de

adequar-se a uma arquitetura contemporânea. Os elementos formais: os arcos, as cúpulas e as abóbadas de tijolo maciço são características próprias da arquitetura do meio oriente, assim como a espontaneidade e a pureza volumétrica que serão as referências na composição da obra. O programa: 3 dormitórios (suítes), área social ampla para receber amigos, o espelho d'água não pode faltar. Assim sendo, o projeto se espalha

no terreno, distribuído em dois núcleos, um que reúne área social e serviços, e outro área íntima. A ligação funcional é feita por uma ampla galeria de cúpulas, parte é fechada e parte se abre ao pátio.

O sistema construtivo das cúpulas é do tipo “ponto central sem forma” ajustada a um quadrado, sem necessidade de armadura, sendo que a mesma

é somente periférica. Os pilares foram feitos de tijolo com armadura no núcleo.

Localizada em um terreno de 2500 m², afastada do centro urbano de Sant'Ana do Livramento, a casa de 350m² foi idealizada para uma família de origem palestina. Integrada à grande área verde, tem seus espaços internos conectados por uma grande galeria de cúpulas.



Fig. VIII-67. Espaço coberto para carros. (*-5).



Fig. VIII-68. Vista do pátio e do espelho d'água. (*-5).



Fig. VIII-69. Pátio centralizador do conjunto com cúpula. (*-5).



Fig. VIII-70. Cúpulas do pátio. (*-5).



Fig. VIII-71. Pátio com a galeria de cúpulas. (*-5).

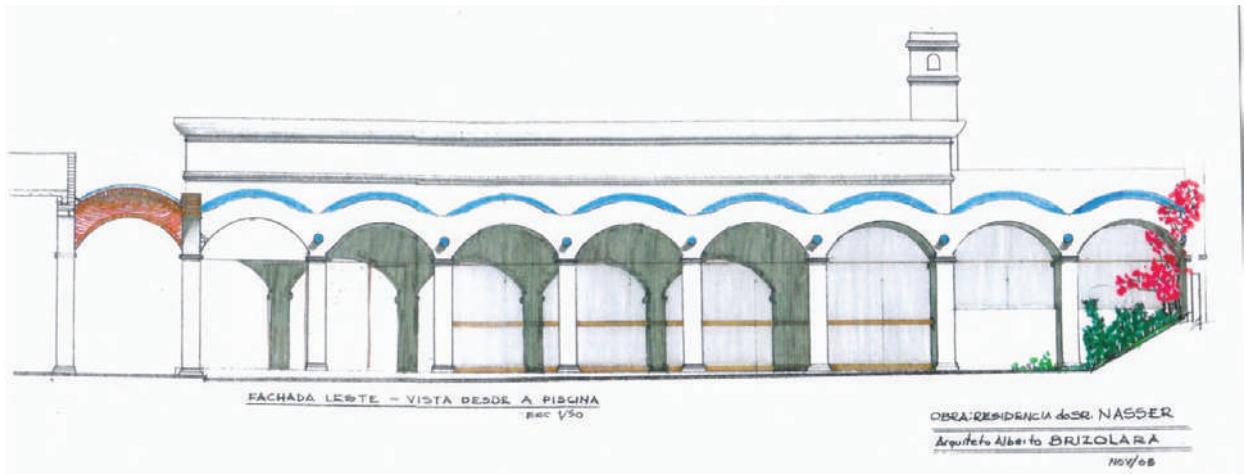


Fig. VIII-72. Os arcos e as cúpulas foram feitas sem armadura e sem forma, e as colunas são de tijolo com armadura vertical na junta. (*-5).

DETALHES CONSTRUTIVOS

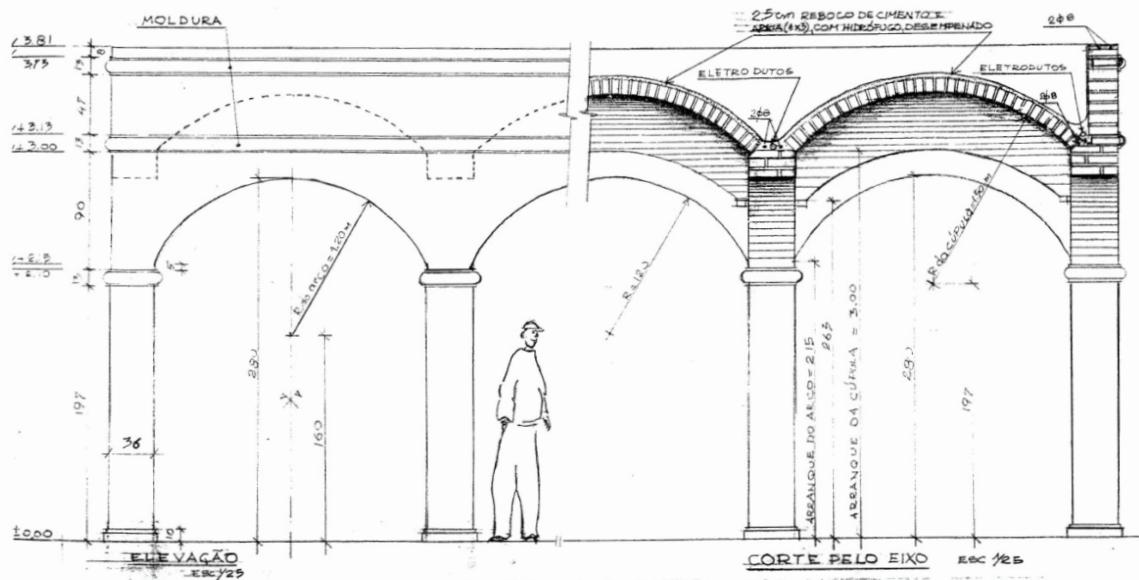


Fig. VIII-73. Geometria dos arcos e das cúpulas. (*-5).



Fig. VIII-74. Volumes simples. (*-5).



Fig. VIII-75. Vista interior das cúpulas. (*-5).



Fig. VIII-76. Detalhe do ângulo reto das cúpulas. (*-5).



Fig. VIII-77. Detalhe das gárgulas para a expulsão da água. (*-5).



Fig. VIII-78. Depois das colunas, o primeiro que se faz são os arcos com cambotas. Fazem-se os arcos sem armadura, logo com o centro e o cintel (raio) se fazem as cúpulas sem armadura. (*-5).



Fig. VIII-79. Construindo as cúpulas com cintel. Não é necessário operário especializado. (*-5).

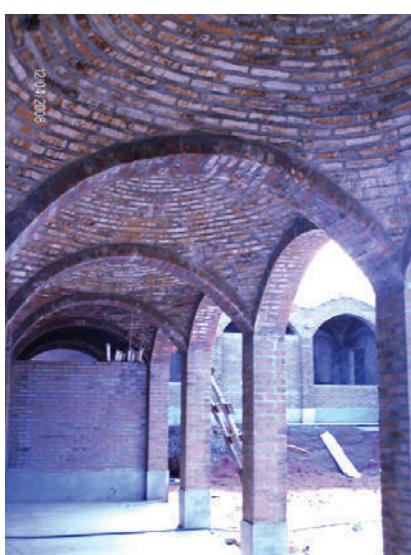


Fig. VIII-80. Uma galeria de cúpulas onde só tem armadura fina na junta vertical, como neste caso, no oco central (Fig. VIII-69). Mais atrás, outras cúpulas, num nível superior que se encontra com esta galeria. (*-5).



Fig. VIII-81. Só com tijolo e argamassa e um pequeno andaime fizemos nossa construção. (*-5).



Fig. VIII-82. Detalhe do encontro da parede, o arco, a coluna e a cúpula. (*-5).



Fig. VIII-83. A galeria está em acabamento. Ao fundo, outra galeria com cúpulas, perpendicular a esta. Vista externa. (*-5).



Fig. VIII-84. Com cúpulas e arcos se deu a mensagem da residência. (*-5).



2 Figs. VIII-85. Duas galerias perpendiculares chegando a níveis diferentes. Uma vista subindo e a outra descendo. (*-5).



Fig. VIII-86. Nota-se a textura da cúpula com tijolo a vista pintado. (*-5).



Fig. VIII-87. Vista do pátio desde a galeria. (*-5).

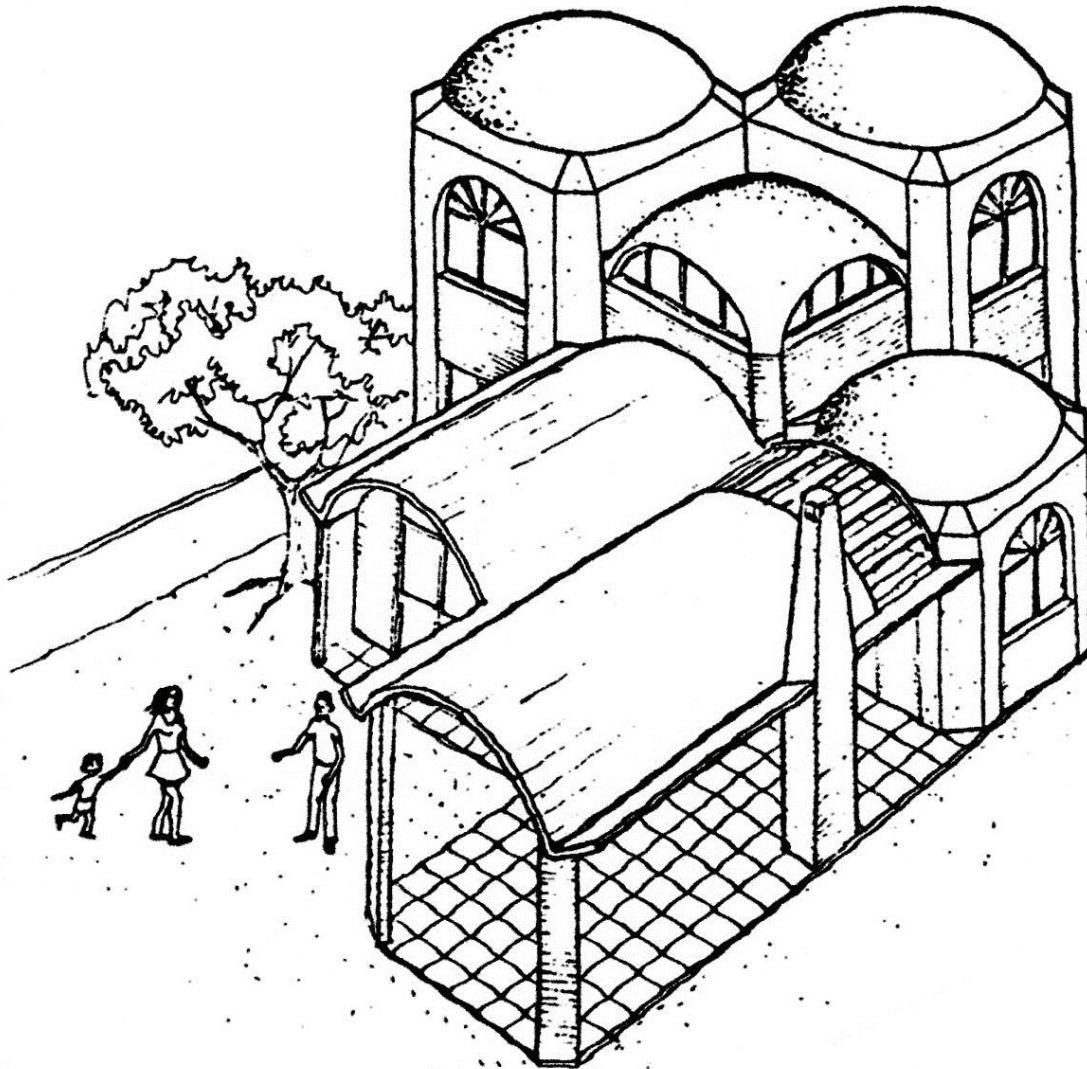
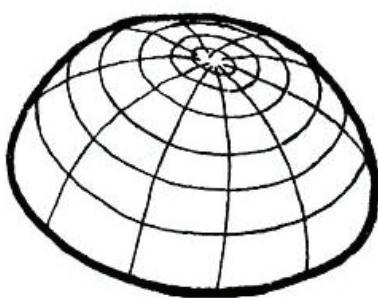


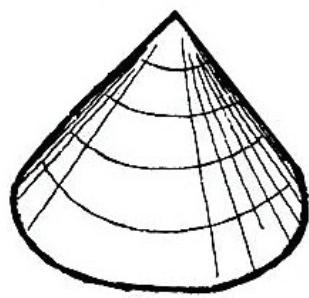
Fig. VIII-88. Exemplo de residência onde foram usadas abóbodas e cúpulas. (*-5).

6

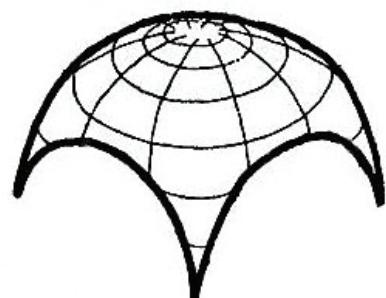
EXEMPLOS DE COBERTURAS CHAMADAS CÚPULAS



Cúpula esférica

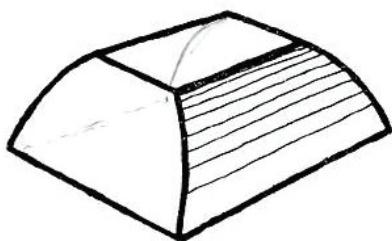


Cúpula cônica

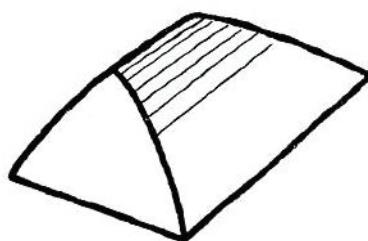


Cúpula vaida

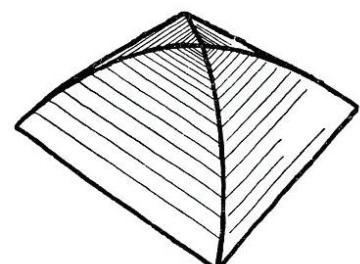
Fig. VIII-89. Cúpulas de revolução. (*-8).



Cúpula de espelho



Cúpula esquifada



Cúpula recanto de claustro

Fig. VIII-90. Cúpulas compostas. (*-8).



CAPÍTULO IX

PAREDES ESTRUTURADAS PELO SEU FORMATO



Resumen (español)

Paredes estructuradas por su forma

Consideraciones generales:

Este capítulo aborda las paredes sometidas a esfuerzos horizontales como, viento, granos, agua, etc.. No será una pared tradicional, debe tener un diseño particular y un método constructivo nuevo, especial, que además de belleza. Ejemplo de un muro de contención en una construcción con estructura, sus solicitudes y sus esfuerzos (Fig. IX-1 a IX-9). Ejemplo de muro de contención, usando la tierra a retener como estabilizadora, la altura de muro es 8.00 m. (Fig. IX-10 a IX-18). El proceso constructivo y los diagramas de esfuerzos. Paredes en iglesia sujetas al viento de ambos lados durante la paralización de la obra. Esquema de esfuerzos y proceso constructivo (Fig. IX-19 a IX-26). Paredes altas para galpones (Fig. IX-27). Ejemplo de Iglesia en Atlántida, Uruguay, del Ing. Eladio Dieste. Se muestra su conformación, el proceso constructivo, su participación estructural en el conjunto. Detalle constructivo (Fig. IX-28 a IX-40).

Paredes autoportantes para graneros hechos en Brasil – RS, plantas con el proyecto, detalles y proceso constructivo para hacer las paredes extremas de los graneros. Propuestas de nuevos graneros.

Summary (english)

Walls structured by their shape

General considerations:

This chapter deals with walls subjected to horizontal stresses such as wind, grains, water, etc. It will not be a traditional wall; it must have a particular design and a new, special construction method, along with beauty. Example of a contention wall in a structure construction, its stresses and efforts (Fig. IX-1 to IX-9). Example of a retaining wall, using the clay to be retained as a stabilizer, the wall height is 8.00 m. (Fig. IX-10 to IX-18). The constructive process and the effort diagrams. Walls in church subjected to the wind of both sides during the interruption of the work. Outline of efforts and building process (Fig. IX-19 to IX-26). High walls for sheds (Fig. IX-27). Example of Church in Atlántida, Uruguay, from Eng. Eladio Dieste. It shows its conformation, the building process, its structural participation in the whole. Construction detail (Fig. IX-28 to IX-40).

Self-supporting walls for barns made in Brazil – RS, plans with the project, details and building process to make the external walls of the granaries. Proposals of new barns.

1

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nas construções, é comum que existam paredes que estejam submetidas a esforços horizontais. Muitas vezes, esses esforços provêm do vento, em outras vezes há grãos nos graneleiros, ou a pressão da água nos estanques ou piscinas. Pode acontecer na estrutura de um telhado que provoque também empuxos nas paredes como seria o caso de abóbadas apoiadas em paredes.

Com o tijolo maciço, tem-se um excelente material para abordar estes desafios estruturais. Se a ele juntarmos a argamassa de cimento e as armaduras de aço para construir, poderemos fazer maravilhas.

Será uma parede em estilo tradicional? Não! A parede comum, tradicional, é inadequada a essas solicitações, teremos que dar a essa parede um formato,

um desenho adequado para resistir a tais esforços e também criar um método de construção, que não seja o tradicional, para poder erguer essa parede com esse formato. Vejamos algumas paredes já feitas.

Não nos esqueçamos de que toda atividade humana que se fizer com amor profissional busca, nesse fato, dar uma expressão de beleza. Fazer agora uma parede já não é mais fazer um plano indiferente, mas, sim, fazer uma nova criação. Exemplo disso são as paredes externas da Igreja de Atlântida, do Montevideo Shopping Center do Eng. E. Dieste; da Igreja Sagrado Coração, em Rivera; da Igreja N. S. de los 33 Orientales, na cidade de Treinta y Tres do Arq. A. Brizolara. Todas essas obras que estão no Uruguai e no Brasil, e muitas outras veremos a seguir.

2

MUROS DE ARRIMO NUM PRÉDIO COM ESTRUTURA

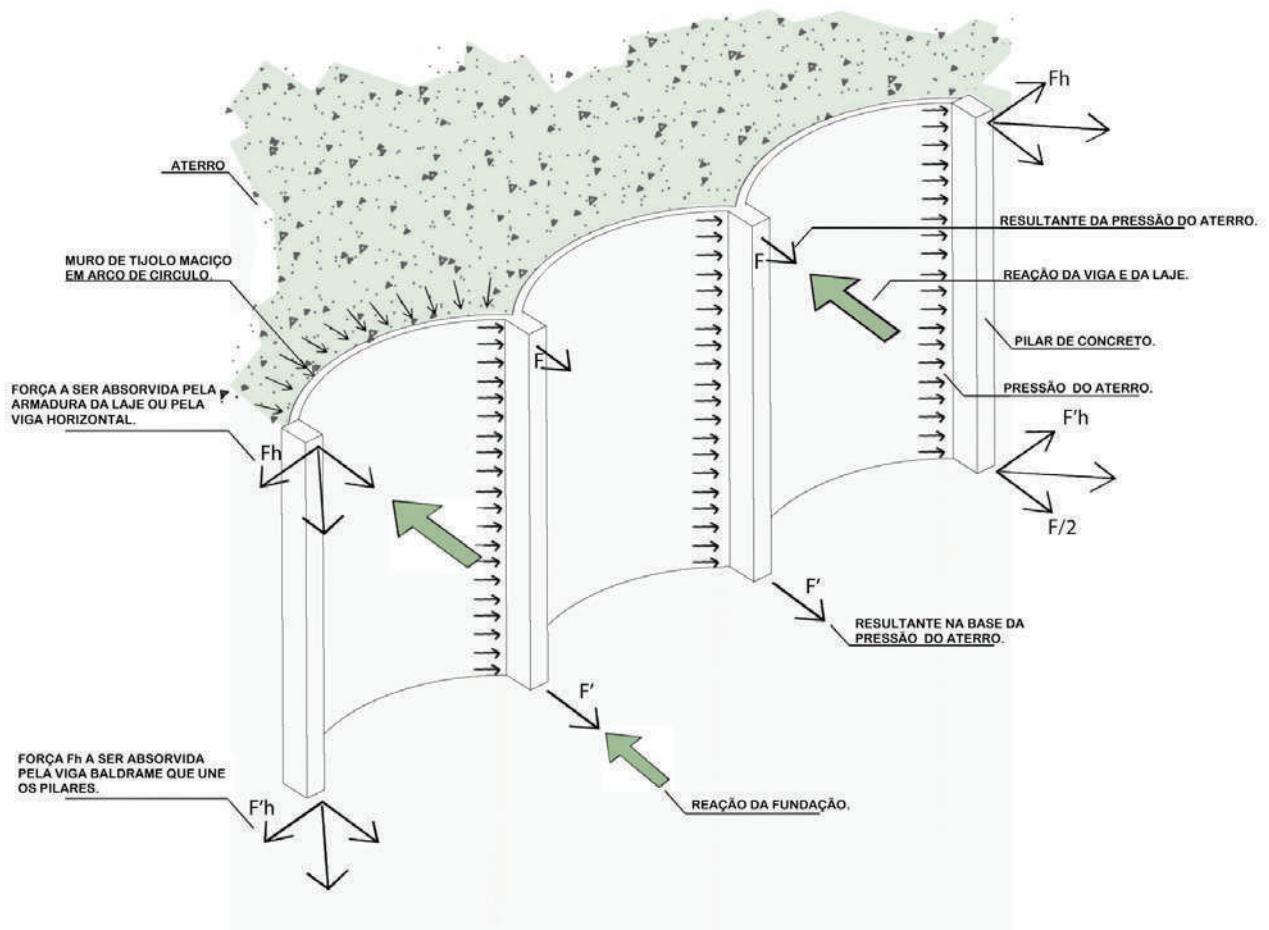
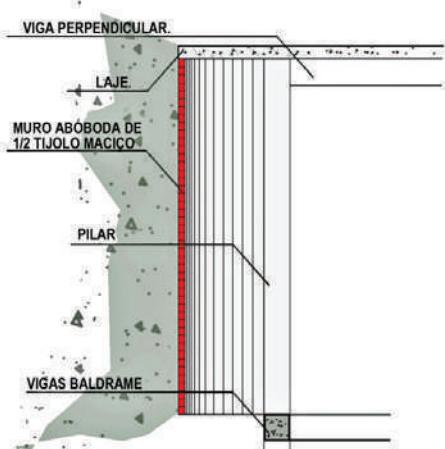
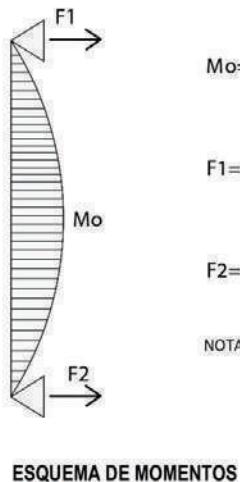


Fig. IX-1. Croqui do muro de arrimo e seus esforços. (*-5).



CORTE TRANSVERSAL



ESQUEMA DE MOMENTOS

M_o = MOMENTO A SER ABSORVIDO PELAS ARMADURAS DO PILAR E PELA ABÓBADA VERTICAL FUNCIONANDO COMO AUTOORTANTE.

F1 = ABSORVIDA PELA LAJE É A VIGA PERPENDICULAR SE TIVER.

F2 = ABSORVIDA PELAS VIGAS BALDRAME.

NOTA: O ARCO DO CÍRCULO DA CURVA DO MURO NÃO É DE 1/2 PONTO.

Fig. IX-2. Corte e esquema de esforços. (*-5).

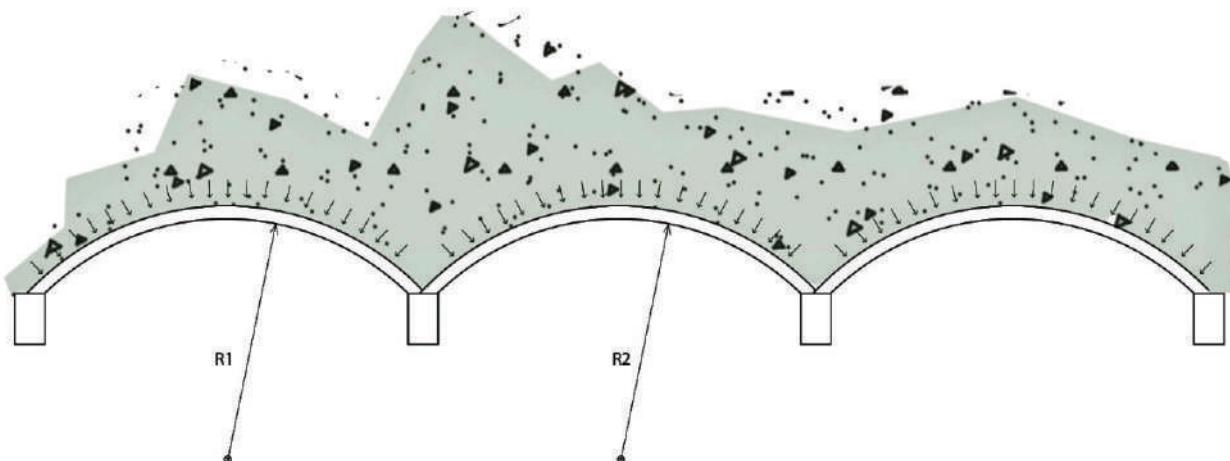


Fig. IX-3. Planta Baixa. Os raios podem ser diferentes, segundo o projeto. (*-5).

Para ser considerado que a abóboda do muro-abóboda vertical trabalha estruturalmente solidário ao pilar vertical, é necessário que o pilar de concreto seja preenchido por pedaços onde, em cada parte, levanta-se primeiro o muro curvo do qual sai as juntas, armaduras de espera (bigodes) que entram no pilar. Logo, preenchem-se essas partes do pilar (Fig. IX-5). Em síntese, com esse exemplo podemos dizer que o muro é de cerâmica, mas não é armado; no exemplo seguinte, a tipologia é a mesma.

Quando os empuxos do material a ser retido, principalmente nas camadas mais baixas, são de muito porte, é necessário aumentar a espessura do muro curvo, colocando o tijolo atravessado até onde for necessário, indicado pelo cálculo do dimensionamento. Da mesma forma, poderemos fazer as últimas fatias de muro com tijolo de espelho. Outra solução para aumentar a capacidade resistente do muro de arrimo de tijolo, tendo a curva adequada, é fazer uma parede dupla separada por 4 cm., com armadura e argamassa-concreto “grout”.



Fig. IX-4. Viga curva para o muro e viga baldrame reta que faz de tensor. (*-5).



Fig. IX-5. 1^a etapa: feito o muro, é preenchido o pilar; 2^a etapa: para cima, feito primeiro o muro e voltar a preencher o pilar. (*-5).



Fig. IX-6. Forma pronta para preencher o concreto do pilar. (*-5).



Fig. IX-7. Pilar pronto. Também temos a vista da preparação dos pilares do resto da estrutura. (*-5).



Fig. IX-8. Vista interior, preparando para a laje de entrepiso com viga que faz de tensor. (*-5).



Fig. IX-9. Observe a laje na meia-lua que fará de enrijecedor do muro-abóboda. Externamente, o muro de arrimo será impermeabilizado. (*-5).

3

MUROS DE ARRIMO USANDO A TERRA COMO ESTABILIZADORA

Este é o caso de um muro de arrimo mais alto que o normal: 8.50 m. de altura. Várias foram as soluções estudadas, mas a mais barata foi esta que vemos agora, o custo foi 1/3 das outras. Outras exigências se estabelecem porque se localiza junto ao logradouro público que está 8.50 m. mais baixo, logo não podíamos usar contrafortes que avançasse sobre a calçada, Fig. IX-10 e Fig. IX-11.

O princípio foi usar muro-abóboda de arrimo de meio tijolo maciço em arco de circunferência que trabalha em compressão. A força de tombamento é provocada pelo enchimento de areia argilosa a granel, como mostram a Fig. IX-13 e os desenhos. A estabilização se consegue com os chamados “mortos”, unidos aos pilares por tensores Fig. IX-14.

Neste caso, os taludes de enchimento de areia eram diversos, considerou-se o mais desfavorável.

Calcula-se a distância do “morto” ao pilar de acordo à necessidade do peso do terreno. Nesta circunstância, argila compacta para opor-se à força do tombamento. Segundo a mesma tipologia da solução com tirantes (tensores), existem outras soluções. Uma solução é perfurar horizontalmente ou inclinado para baixo, com broca de sondagem, muitos metros (os necessários); nesse furo, colocar armaduras e injetar concreto fino ou argamassa à pressão. Para poder fazer esta solução, é necessário ter empresa com equipamento adequado, o que é impossível em cidades pequenas. A outra condição é que o terreno por onde vai o tirante seja rocha.

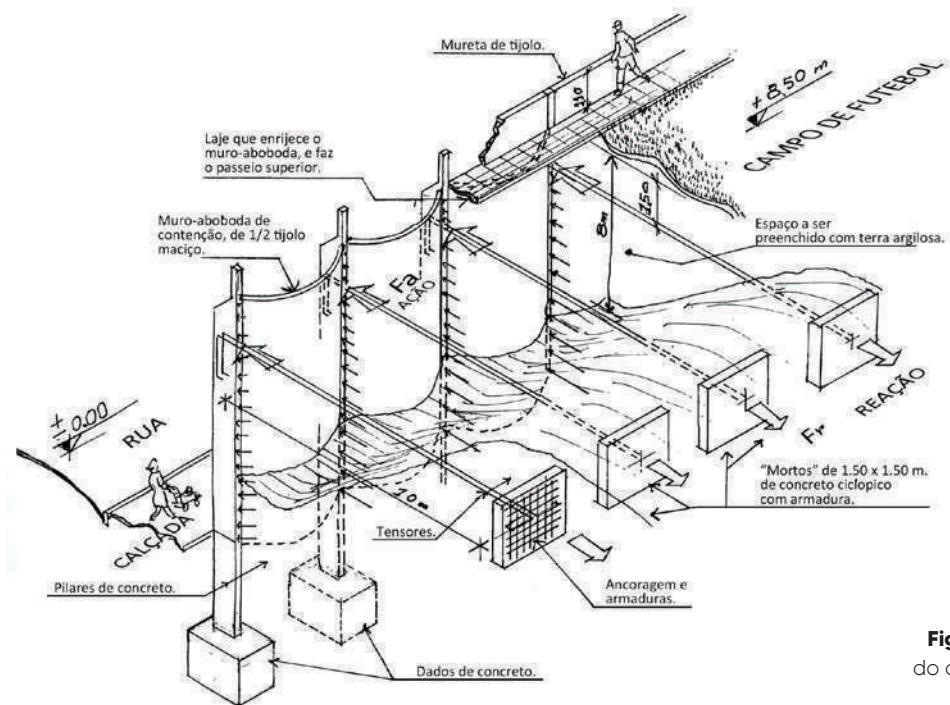


Fig. IX-10. Esquema do conjunto do muro de arrimo. (*-5).

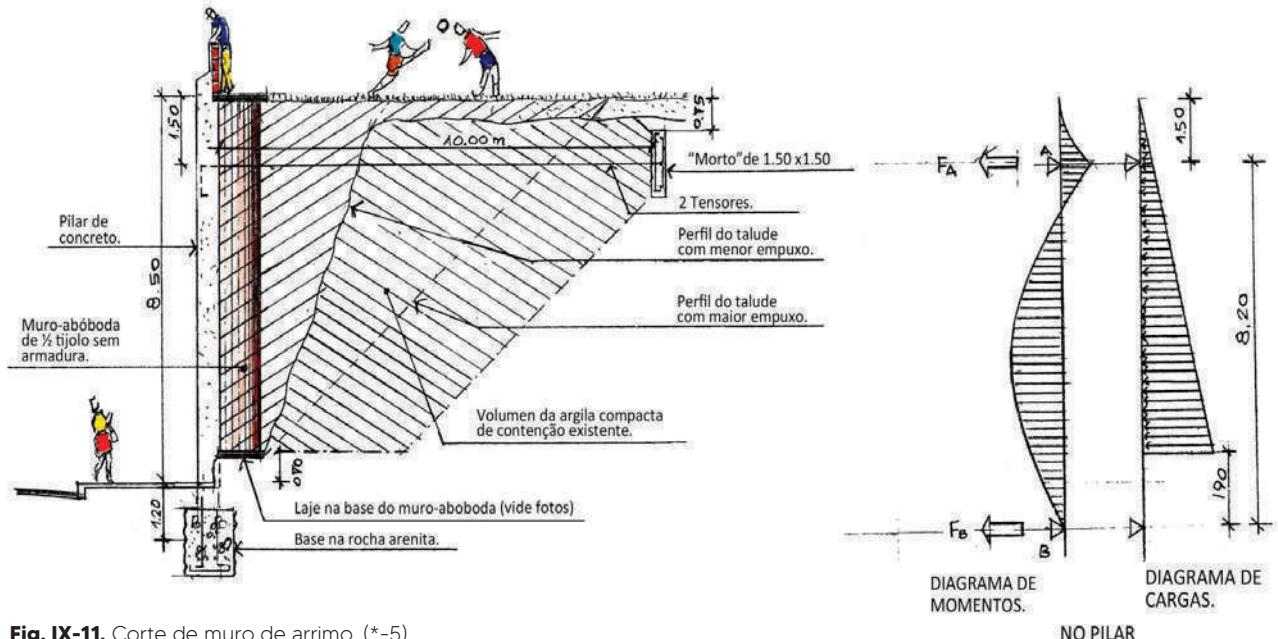


Fig. IX-11. Corte de muro de arrimo. (*-5).

Este muro de arrimo, por duas ocasiões, foi feito com matacões de pedra e, em duas circunstâncias, foi derrubado pelas enxurradas. Com as consequências do assoreamento de grandes partes do terreno, o campo de futebol perdeu-se.

O solo é uma terra argilosa compacta que, em pouco tempo (dias), pode-se escavar verticalmente, mas que a passagem da água da chuva só cavava o terreno. Mais profundamente, encontra-se a rocha arenita. Foi realizada a verificação supondo uma pressão hidráulica desse desnível.



Fig. IX-12.
Detalhe da ancoragem dos tensores no pilar. Antes de começar o muro de arrimo, fazem-se os pilares e os "mortos" no terreno. (*-5).



Fig. IX-13. Vista no outro sentido. O muro de arrimo recém-começado. Os tijolos são assentes em argamassa de cimento. O enchimento é uma areia argilosa. (*-5).



Fig. IX-14. Vista de todo o tensor, desde o pilar até o “merto”, os tensores serão revestidos em concreto. Observe o corte vertical do terreno o que permite eliminar as formas. (*-5).



Fig. IX-15. Detalhe do enchimento do “merto” com concreto ciclópico. As armaduras principais são uma grelha, mais armaduras adicionais, os tensores atravessam até o outro lado. (*-5).



Fig. IX-16. Detalhe do “merto” preenchido e dos tensores já recobertos. Não se devem colocar formas. (*-5).



Fig. IX-17. O muro-abóboda terminado com a mureta superior, a laje superior no tímpano da abóboda e a laje inferior sobre rocha arenita, base do muro de arrimo. (*-5).



Fig. IX-18. Começo do muro sobre laje, sobre rocha arenita. A base do pilar está dentro da rocha cortada para ter a reação ao empuxo. (*-5).

4

PAREDES SUBMETIDAS A PRESSÕES HORIZONTAIS DOS DOIS LADOS

Este é o caso dos muros isolados nos quais o vento, em situação mais desfavorável, sopra perpendicularmente à linha do muro já de um lado como do outro. São os casos de muros altos que separam domínios, países, cárceres, etc..

Abordamos aqui soluções com tijolo armado, o exemplo é da igreja Sagrado Coração de Jesus em Rivera, Uruguai, 1967. Depois de feitas as paredes, a obra foi suspensa por vários anos por falta de

dinheiro. O desafio era fazer as paredes com caráter definitivo sem necessidade de retoques, com um visual estético interior e exterior agradável, além da sua capacidade resistente extra ao tombamento durante o período em que não tem cobertura de travamento superior. Em forma resumida, podemos dizer que essas paredes têm uma finalidade estético-estrutural e de superfície regrada, feita de cerâmica armada.

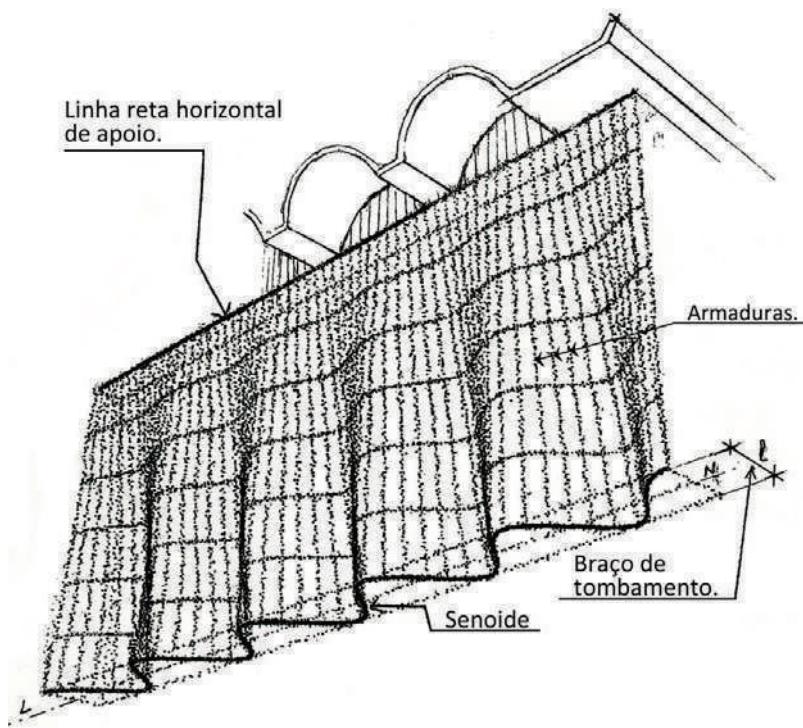


Fig. IX-19. Vista de baixo para cima. Esquema da geometria da parede onde a base é uma senoide e o topo é uma reta horizontal, unidos por linhas retas. Na construção serão as armaduras. (*-5).

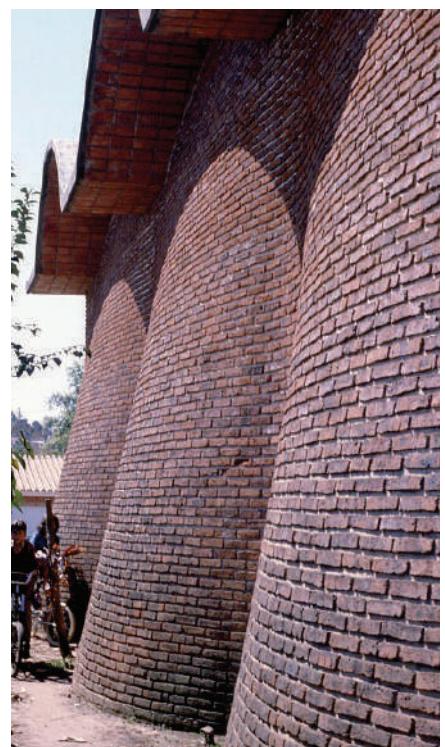


Fig. IX-20. Paredes da Igreja Sagrado Coração – Rivera/Uruguai (1967). (*-5).

Este tipo de paredes são fáceis de construir, e qualquer bom pedreiro rapidamente adapta-se e “pega a mão”.

O primeiro que se faz são as fundações com o formato desenhado. Por exemplo, uma senoide em que se levará em conta a compressão e tração no projeto. Do eixo das respectivas fundações saem as armaduras (bengalas) de espera de 70 cm., nas quais se amarram as armaduras do muro.

Na parte superior, na altura certa, coloca-se um cano de ferro de $1/2"$ ou um sarrapo, onde se amarram as armaduras do muro. Essas armaduras ficam retas e servem de guias para o pedreiro que levantará a parede. As armaduras horizontais de

repartição se vão colocando à medida que vai subindo o muro. A parede é de duplo meio tijolo maciço, entre as duas paredes fica um espaço de 4 cm. onde estarão passando as armaduras (Fig. IX-23.). Nesse espaço, preenche-se com argamassa de cimento ou concreto de grão fino.

O assentamento do tijolo se pode fazer com argamassa e algo de cal ou aditivo, mas não pode cair esta argamassa para o espaço interno entre paredes.

Para guiar melhor as faces externas das paredes, paralelo ao cano guia, põe-se um arame, onde se amarram barbantes (Fig. IX-23.) que também vêm da base. No topo da parede finalizada, deixam-se armaduras salientes para unir a parede à cobertura.

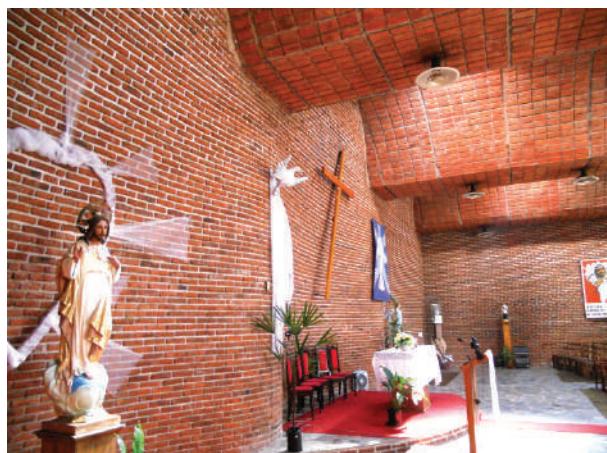


Fig. IX-21. Vista interna da parede com curvatura para o altar e as abóbodas que se apoiam na mesma. (*-5).

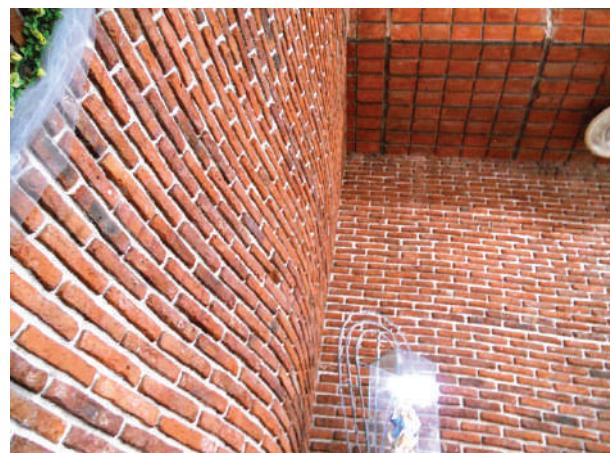


Fig. IX-22. Canto interno da chegada das duas paredes com curvatura. (*-5).

Fig. IX-23. Paredes em construção, duas de $1/2$ tijolo.
Observe que as armaduras são retas, servem de guia para levantar a parede, além de barbantes amarrados a um arame superior reto e amarrados à base curva. O pedreiro precisa ter cuidado para que as fiadas fiquem no nível. Entre as paredes se vai preenchendo com microconcreto. (*-5).

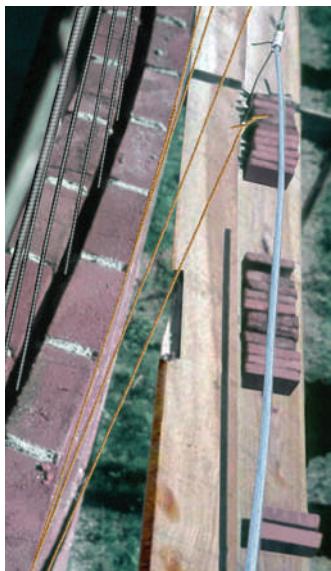


Fig. IX-24. Paredes terminadas com armaduras salientes de espera. (*-5).

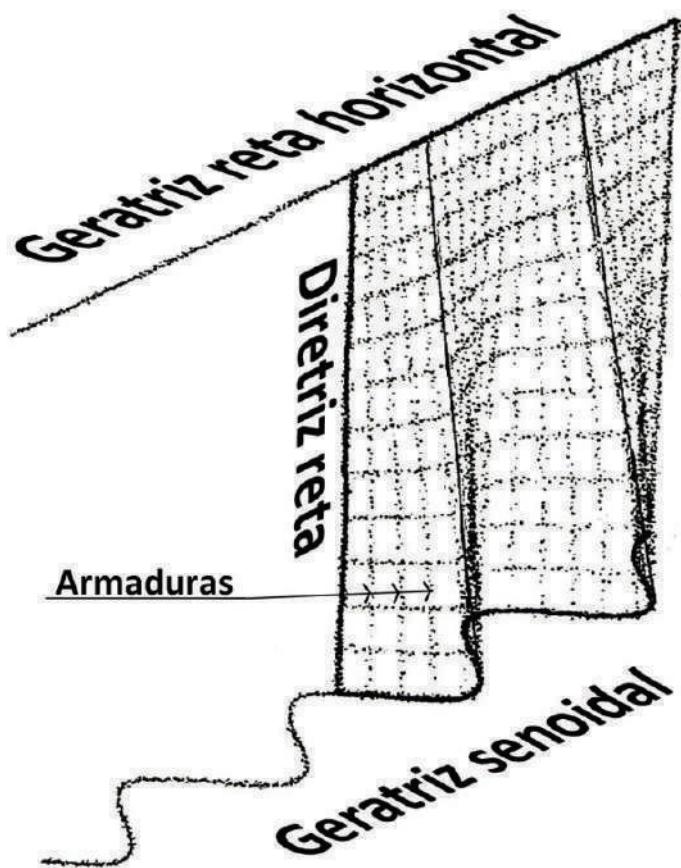


Fig. IX-25. Esquema geométrico onde a diretriz reta vertical ou inclinada significa as armaduras internas da parede. (*-2).

5

PAREDES PARA GALPÕES RURAIS

A problemática destas paredes é, em geral, suportar o vento em compressão ou em sucção. Neste exemplo de uma pequena cooperativa rural de Cerro Pelado, interior do Uruguai, o galpão serve para depositar sacos de lã recém-tosquiada da ovelha, os quais pesam aproximadamente 200 kg e, no caso de tombar uma pilha, podem derrubar a parede. Por ser uma comunidade mais primitiva e com menos recursos, optou-se por:

- a) ser a curva do muro de arcos de circunferência,
- b) ser a parede de tijolo inteiro (atravessado),
- c) não ser a parede dupla,
- d) não ter armadura.

A parede se apoia no alicerce e, no topo, está travada por dois tirantes que estão amarrados e travados pelas tesouras da cobertura leve. As paredes têm 7 m. de altura.

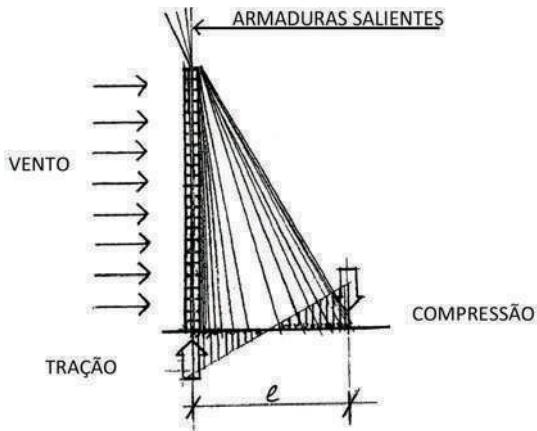


Fig. IX-26. Parede com esquema de esforços.
Se o vento sopra de outro lado, o esquema
de esforço é o contrário. (*-5).



Fig. IX-27. Vista externa
do galpão. (*-5).

6

PAREDES DE TIJOLO ARMADO COM FINALIDADE ESSENCIALMENTE ESTÉTICA

6.1 - EXEMPLO: IGREJA DE ATLÂNTIDA, URUGUAI

OBRA

Igreja de Atlântida (1960)

PROJETO ESTRUTURAL

Eng. Eladio Dieste

LOCALIZAÇÃO

Atlântida – Montevidéu/Uruguai

Baseado no domínio da tecnologia do tijolo armado, que é usada para fazer abóbadas de simples ou dupla curvatura, surgem às paredes regradas de tijolo armado com fim essencialmente estético, sem deixar de colaborar com a parte estrutural. A nova tecnologia construtiva já foi explicada no versículo 4. O Eng. Eladio Dieste, já mencionado anteriormente,

é o pioneiro nesta temática, sendo o criador e aplicador da nova tipologia construtiva. Como exemplo principal, temos as paredes da célebre Igreja do Cristo Obreiro, na cidade de Atlântida, Uruguai, em 1960 (A obra será vista novamente no capítulo XII). Dada à singularidade expressiva desta obra, vamos nos deter um pouco nela.

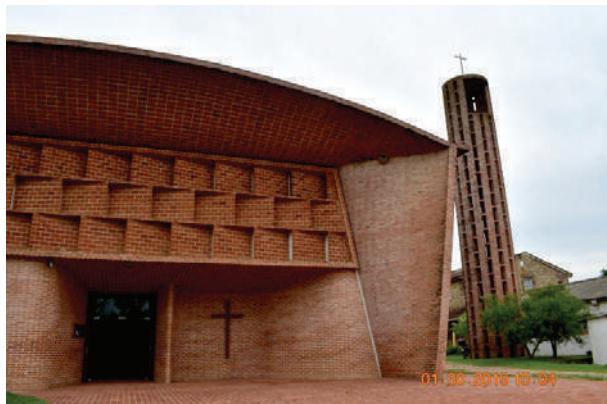


Fig. IX-28. Vista do conjunto com o campanil. (*-5)

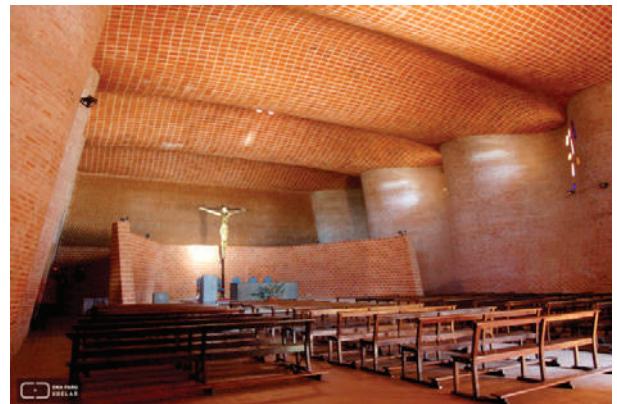


Fig. IX-29. Vista interior onde vemos o tipo de parede e a cobertura em dupla curvatura (*-4.1).

A ideia principal parte de ser uma superfície regrada, na qual as réguas são as armaduras em posição reta que, além de guias para o levantamento das paredes, cumprem a função estrutural resistente. É uma dupla parede de meio tijolo à vista e, entre as duas, fica um espaço mais o menos de 4 cm., por onde passam as armaduras; à medida que o pedreiro vai levantando a alvenaria, também vai preenchendo com argamassa de cimento ou microconcreto o espaço entre as paredes.

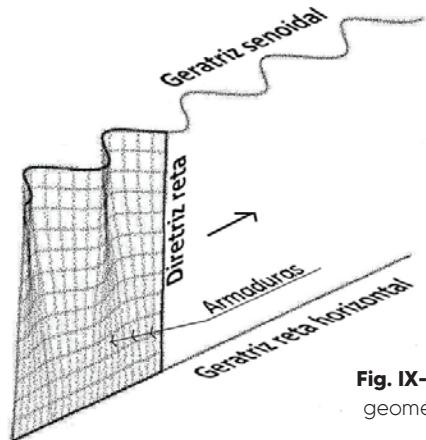


Fig. IX-30. Conformação geométrica das paredes regadas. (*-2).



Fig. IX-31.
Elevação
do muro
duplo de
superfície
regrada
com
câmara.
(*-6).

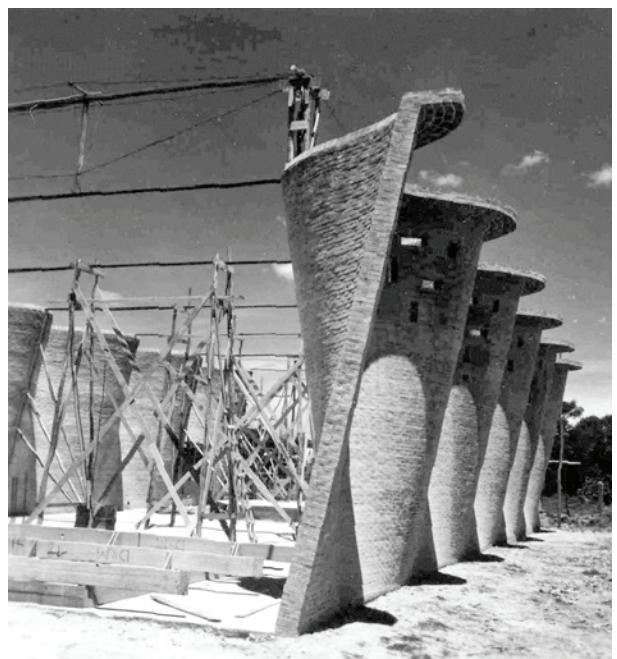


Fig. IX-32. Paredes terminadas em equilíbrio instável, seguradas por andaimes e travessas superiores. No topo, viga horizontal senoidal. (*-6).



Fig. IX-33. Vista lateral, junção entre paredes e cobertura de dupla curvatura com viga horizontal senoidal. (*-7).

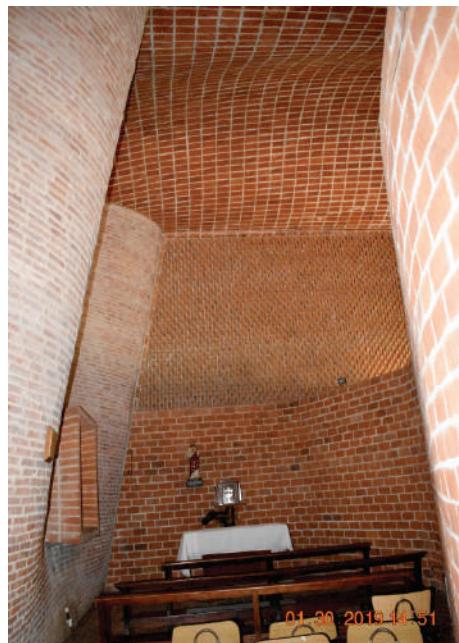


Fig. IX-34. Vemos três paredes com formatos diferentes, neste caso são curvas para serem auto sustentantes. (*-5).

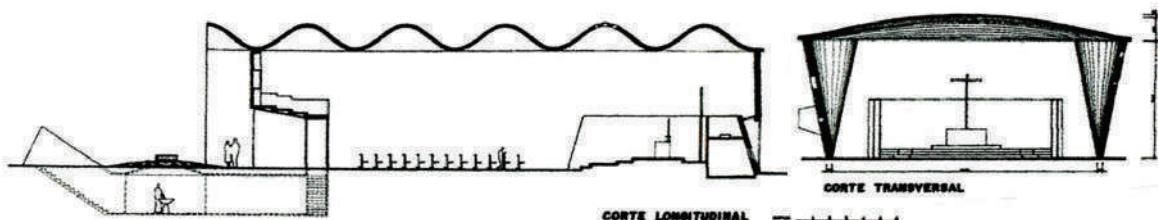


Fig. IX-35. No corte longitudinal, observamos a cobertura em dupla curvatura e, no corte transversal, a formação de um pórtico birotulado. (*-3).

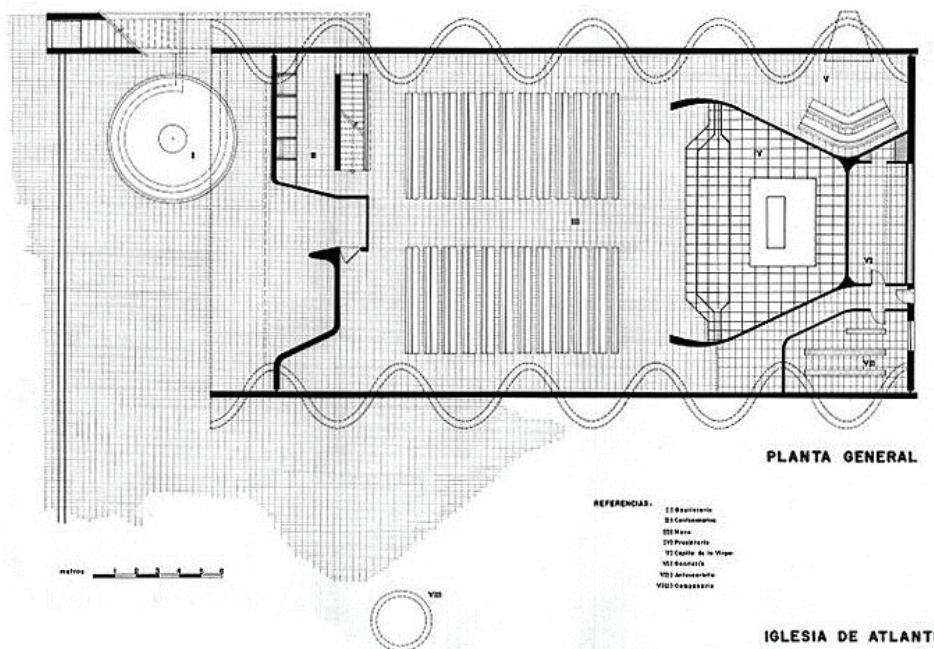
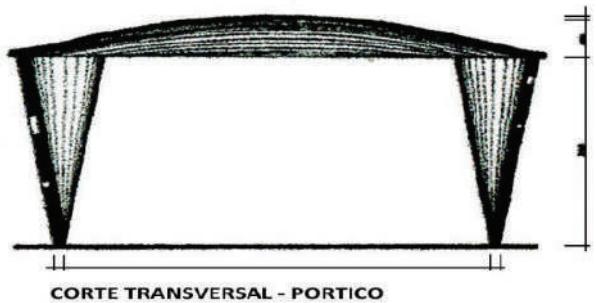


Fig. IX-36. Observe, nesta planta baixa, como em nível do piso, que as paredes são retas e em linha mais fraca, e mostra-se uma senoide em nível da cobertura. (*-3).

Fazendo a análise estrutural mais apurada do conjunto paredes e cobertura, chegamos à conclusão de que:

- o conjunto é um pórtico (Fig. IX-37);
- o pórtico é bi-rotulado, e as rótulas estão na base das paredes (Fig. IX-37);
- os nós rígidos estão dados na junção das paredes com a cobertura, os quais evitam o tombamento lateral do pórtico por ação do vento ou qualquer deformação exagerada (Fig. IX-38);
- a cobertura de dupla curvatura não provoca esforços laterais horizontais na estrutura, porque seu vale é horizontal e suas armaduras fazem a função de tensores (Fig. IX-41).



CORTE TRANSVERSAL - PORTICO



TENDENCIA DE DEFORMAÇÃO E DESLOCAMENTO DO PÓRTICO.

Fig. IX-37. Paredes e cobertura e o esquema de uniões em pórtico bi rotulado (*-5).

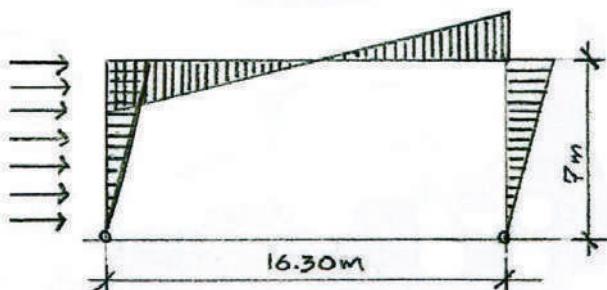


Fig. IX-38. Momentos no pórtico provocados pelo vento. (*-5).

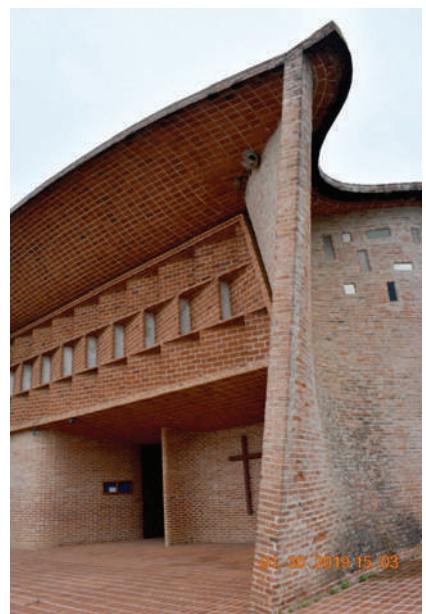


Fig. IX-39. Viga ondulante de coroamento da parede, cuja base é uma reta e com o topo uma senoide. (*-5).

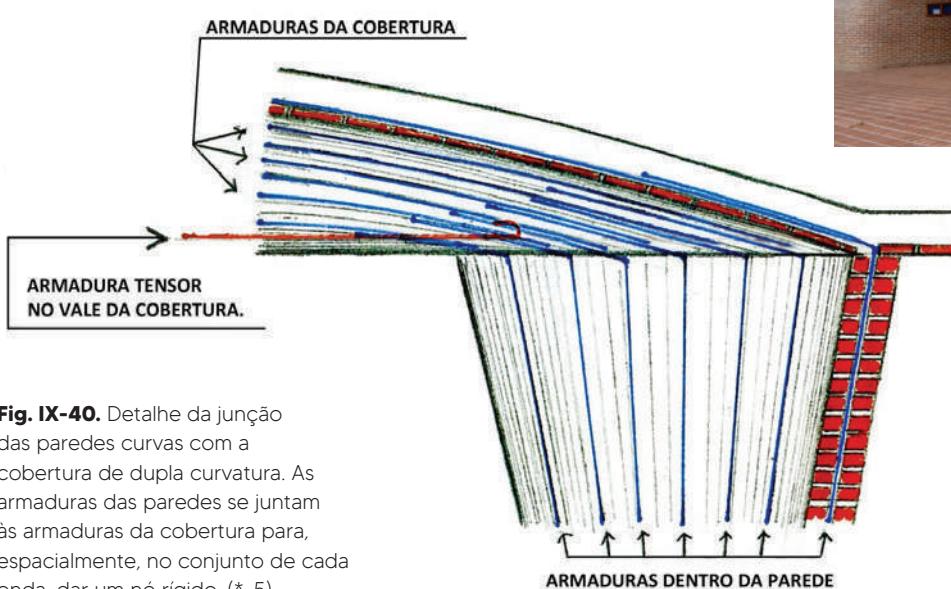


Fig. IX-40. Detalhe da junção das paredes curvas com a cobertura de dupla curvatura. As armaduras das paredes se juntam às armaduras da cobertura para, espacialmente, no conjunto de cada onda, dar um nó rígido. (*-5).

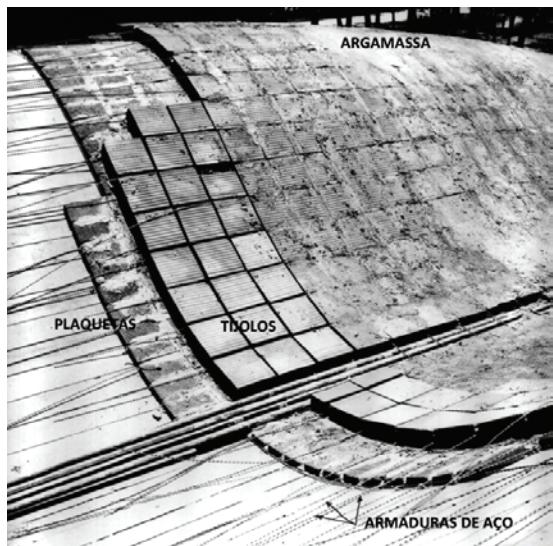


Fig. IX-41. Detalhe construtivo das diferentes camadas da abóboda de dupla curvatura e os tensores ocultos nos vales das abóbodas. (*-2).

7

PAREDES PARA GRANELEIROS

Na década dos anos 70 do século XX, no Brasil, havia a necessidade de construir muitos graneleiros e sementeiros, herméticas de fundo chato. As paredes e coberturas se resolveram com uma abóboda, mas os oitões apresentavam o problema do empuxo do cereal a granel (soja). Isso

foi resolvido com paredes com um formato que cria uma capacidade resistente ao esforço horizontal.

Lembremos de que tais graneleiros são feitos em lugares afastados dos centros povoados e que a tecnologia do tijolo armado é a mais adequada.

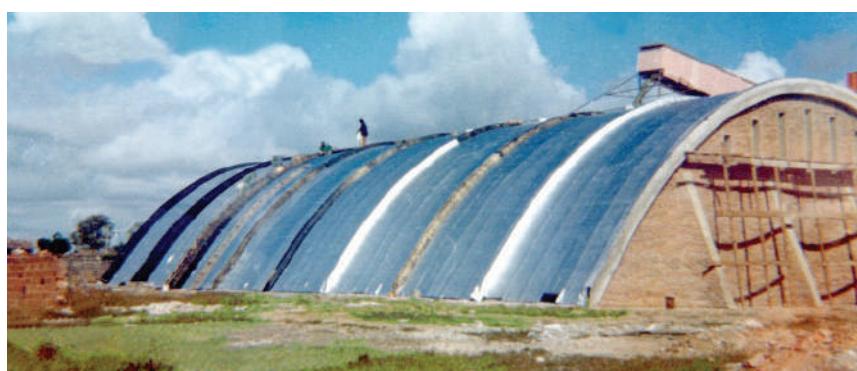


Fig. IX-42. Graneleiro em São Gabriel-RS. Com oitão resistente. (*-5).

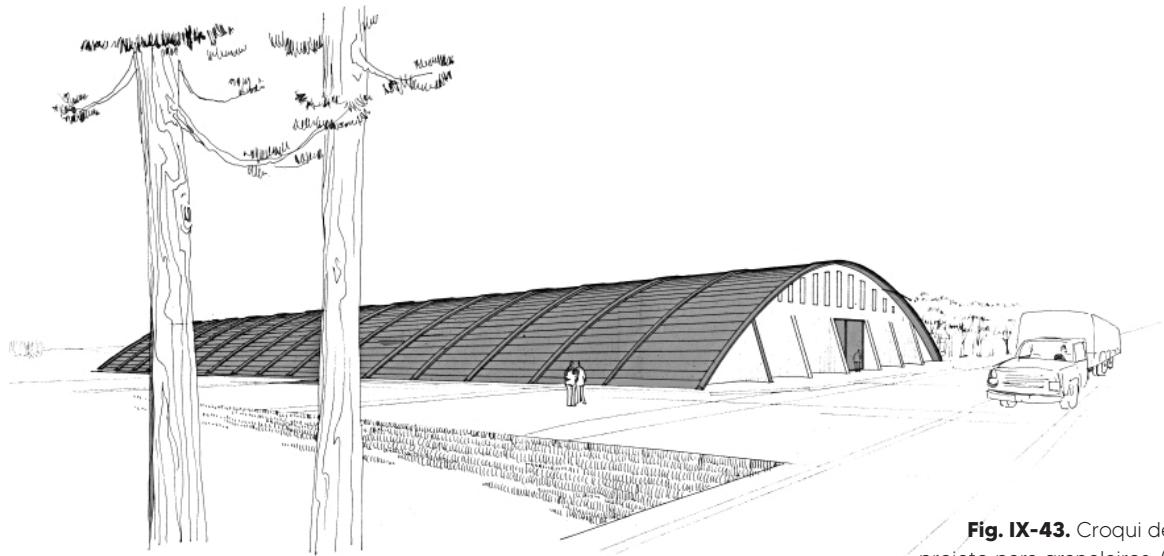


Fig. IX-43. Croqui de um projeto para graneleiros. (*-5).

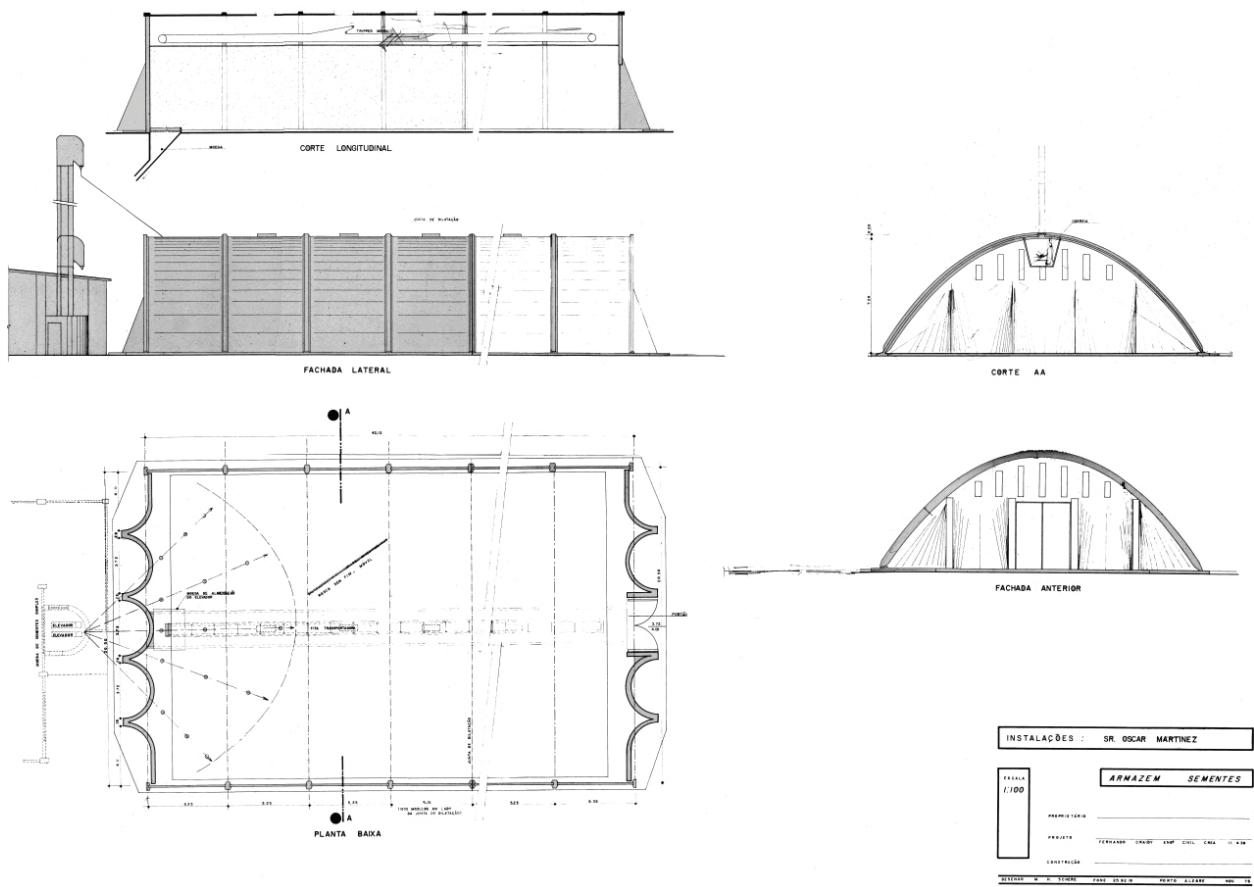


Fig. IX-44. Projeto de um graneleiro ou sementeiro com fundo horizontal para uso do grão a granel ou ensacado. (*-5).

Temos aqui uma descrição passo a passo de como proceder para fazer o oitão. Para gabaritar o levantamento da parede dupla de alvenaria de meio tijolo, será necessário colocar um sarrofó (ou

cano de ferro) horizontal a 4 m. de altura para amarrar e servir de referência aos ferros Ø 8 que se emendam com as bengalas de espera na laje de fundação.

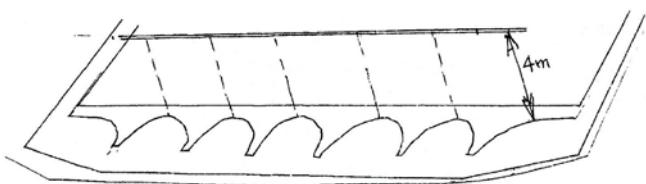


Fig. IX-45. Desenho esquemático da posição das armaduras que saem da base e se amarram no sarrado a 4 m. de altura. (*-5).

A parte baixa da laje de fundação deverá ser feita em duas etapas:

1º) Preenchida até a espessura dimensionada sobre a qual se levantarão a primeira fiada da parte dupla, que servirá de gabarito de começo de parede oitão.

2º) Depois se completará o enchimento do lado interior da laje de fundação.

O prumo do sarrado deverá coincidir com o eixo da parede na parte do fecho do arco da base. Os ferros emendados, que deverão ser de 6 m., serão atados no sarrado da seguinte maneira.

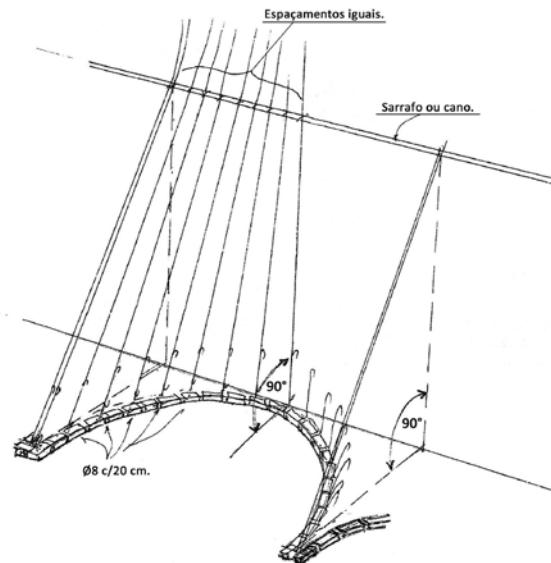


Fig. IX-46. Detalhe das armaduras para levantamento da parede do oitão. (*-5).

As pontas dos ferros devem ficar soltas por cima do sarrado. Feitas as amarrações dos ferros como está descrito no croqui e atados os outros ferros horizontais da malha (Fig. IX-46), estas servirão de gabarito para levantar a parede, com precaução para respeitar a espessura de 28 cm., e que os ferros fiquem no vazio central, o qual será preenchido com a mesma argamassa da areia e

cimento 3x1, empregada para o assentamento dos tijolos. Chegando com a alvenaria ao nível dos 4 m., a parede ficará reta. Daí em diante, será levantada a prumo com as mesmas armaduras até atingir a altura da abóboda.

Quando o oitão tiver portão, no vão de 4 m. correspondente ao portão, far-se-á o detalhe como podemos observar na viga verga (Fig. IX-48).

ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO DA LAJE DE BASE

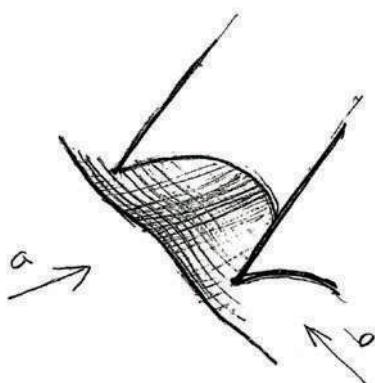


Fig. IX-47. Croqui com a deformação da laje de base, na Fig. IX-48 com a vista a) e b). (*-5).

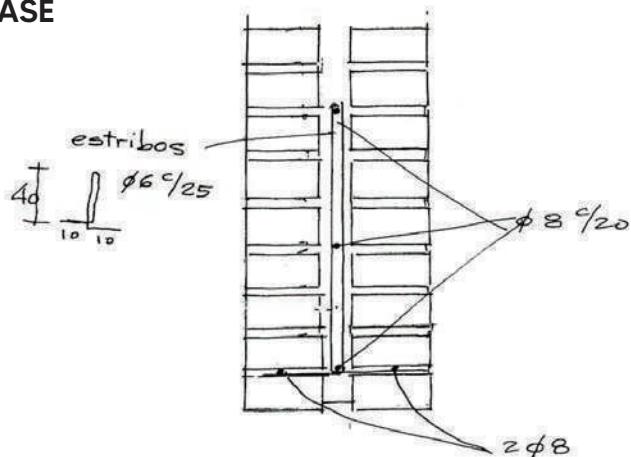


Fig. IX-48. Detalhe da verga do portão em tijolo armado. (*-5).

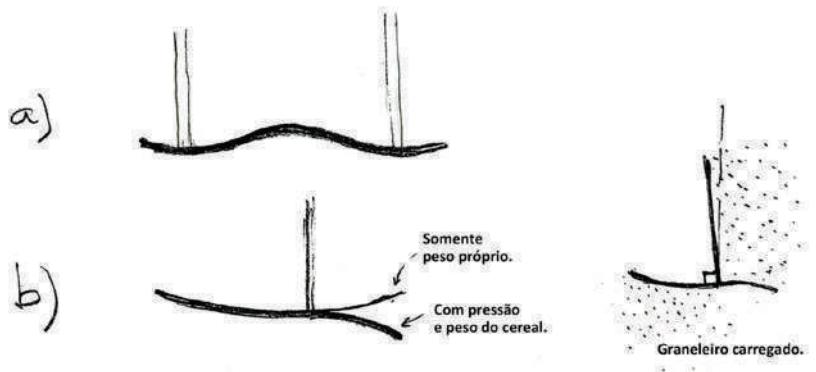


Fig. IX-49. Vista a) e b) da deformação da laje de base do oitão quando o graneleiro está carregado, ou vazio. (*-5).

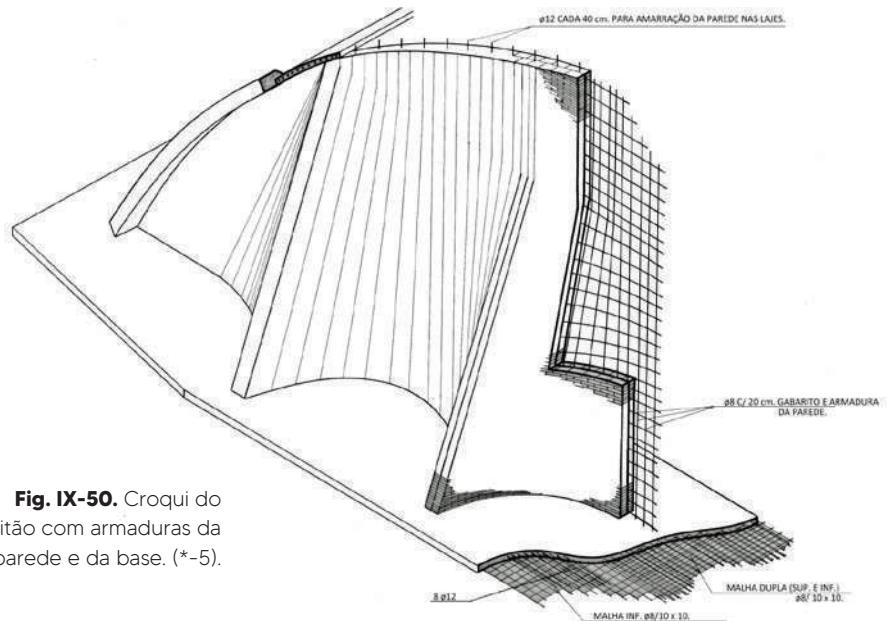


Fig. IX-50. Croqui do oitão com armaduras da parede e da base. (*-5).

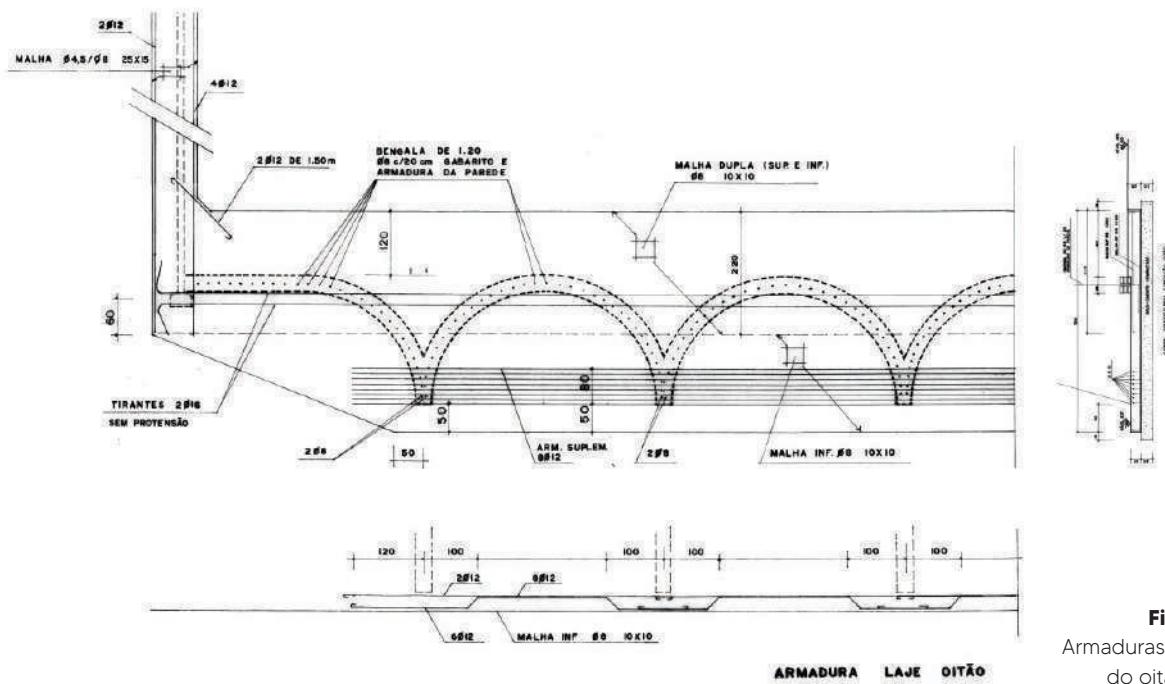


Fig. IX-51.
Armaduras da base
do oitão. (*-5).

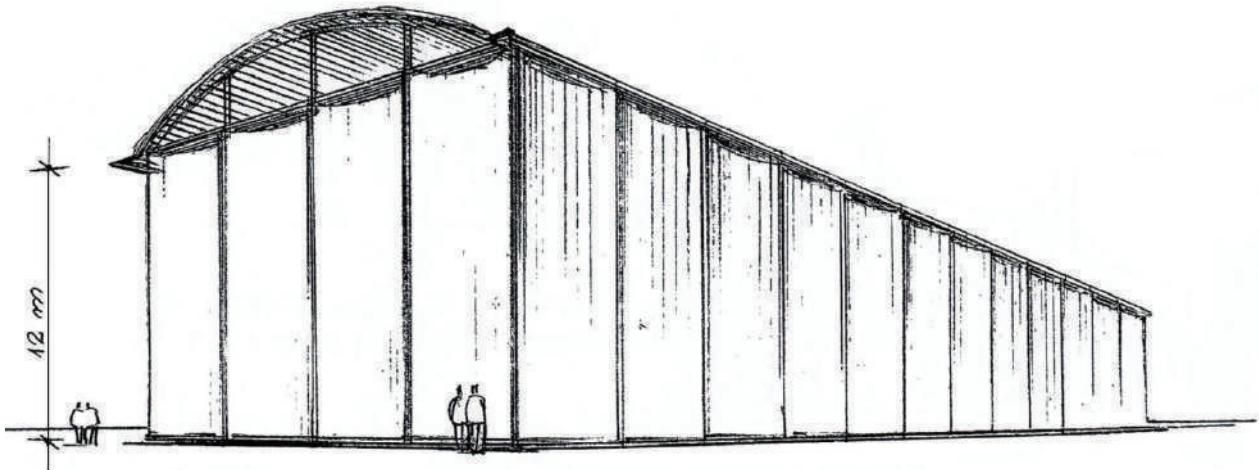


Fig. IX-52. Graneleiro retangular com grande capacidade de estocagem a granel. As paredes são abóbodas autoportantes verticais de meio tijolo. No topo das paredes, tem-se tensores que atravessam o graneleiro a cada 5 m. aproximadamente. A cobertura é uma abóboda de tijolo armado apoiada sobre as paredes e sobre a laje que enrijece todo o perímetro do graneleiro. (*-5).

CONJUNTO DE ATÉ 40.000 TONS.

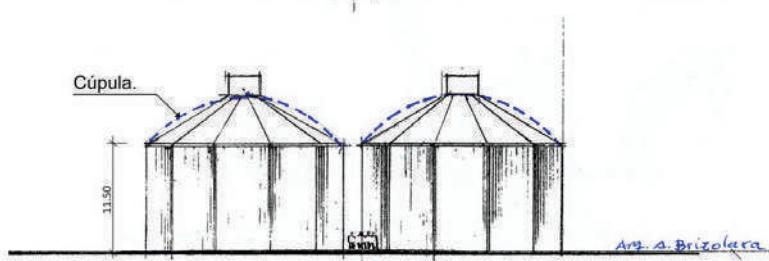
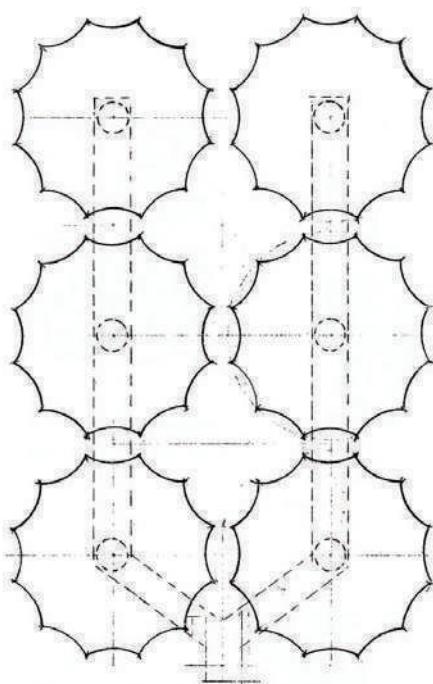


Fig. IX-53. Planta baixa e fachada de anteprojeto de bateria de silos verticais. Com esta tecnologia de paredes com formatos adequados aos esforços, por vezes armados total ou parcialmente, temos infinitas soluções. Neste caso, são silos verticais com diâmetro de 20 m.. A cobertura pode ser uma cúpula de tijolo armado, com dois anéis de tração, ou seja, um na base e o outro no topo das paredes, na laje de coroamento. (*-5).



CAPÍTULO X

OBRAS EM TIJOLO E EM CERÂMICA ARMADA FEITAS POR DIVERSOS ARQTS. E ENGS.

propostas de novas estruturas



Resumen (español)

Obras en ladrillo y cerámica armada hechas por diversos arquitectos. Ideas de nuevas estructuras

Son ejemplos en diversos países como la ciudad de New Gourna, Egipto, del Arq. Hassan Fathy, solo con arcos, bóvedas y cúpulas donde los esfuerzos son solo de compresión (Fig. X-1 a X-11) su sistema constructivo es el de hacer bóvedas con arcos inclinados (Fig. X-12 a X-20). Obras del Ing. Ariel Valmaggia (UY) en el noreste brasileño, donde destacamos unas bóvedas con unos volados de 17.50 m.. Obras del Arq. Vitor Lotufo (Br) con su sistema “hierro – ladrillo”, armaduras de hierro redondo empareados con dos (2) ladrillos (Fig. X-31 a X-38). Obras del Arq. Solano Benítez (Pr) donde se destacan las hechas en Paraguay. Son singulares las obras en pirámide invertida y estructuras curvas trianguladas con elementos pre-moldeados en ladrillo (Fig. X-39 a X-47).

Obras y sistema constructivo del Arq. Vicente Sarrablo (Fig. X-48 a X-60).

Propuesta de nuevas estructuras

Son dibujos esquemáticos para centros deportivos, hangares, auditorios, iglesias, residencias, fábricas, etc.. (Fig. X-61 a X-69).

Summary (english)

Works in brick and armed ceramics made by different architects. Ideas of new structures

There are examples in various countries such as the city of New Gourna, Egypt, by Arq. Hassan Fathy, only with arches, vaults and domes, where the efforts are only of compression (Fig. X-1 to X-11). This constructive system consists of making vaults with inclined arches (Fig. X-12 to X-20). Works by Eng. Ariel Valmaggia (UY) in the Brazilian Northeast, in which we highlight some vaults with a flow of 17.50 m. Works from the Arch. Vitor Lotufo (Br) with his “iron – brick” system, round iron framework with walls of two (2) bricks (Fig. X-31 to X-38). Works of Arch. Solano Benítez (Pr) highlighting the ones made in Paraguay. The inverted pyramid works and triangular curved structures with elements pre-molded in brick are unique (Fig. X-39 to X-47). Works and construction system of Architect Vicente Sarrablo (Fig. X-48 to X-60).

Proposal for new structures.

They are schematic drawings for sports centers, hangars, auditoriums, churches, homes, factories, etc.. (Fig. X-61 to X-69).

1

APRESENTAÇÃO

Este capítulo tem como finalidade mostrar obras destacadass, novas e audaciosas propostas tecnológicas, feitas por profissionais da área. Estou certo de que ficarão de fora desta publicação muitas obras que não foram descobertas, talvez essas obras sejam incluídas numa nova publicação.

Neste capítulo, a partir de exemplos de outros profissionais, procura-se provocar a criatividade tecnológica de arquitetos e engenheiros.

Desenho e novos materiais são ingredientes desta publicação, para que se possa criar com economia aquilo que as sociedades emergentes precisam para avançar na área da construção. Buscamos uma metodologia de baixo custo. Tomara que, depois desta publicação, 90% dos temores por dúvidas tecnológicas da cerâmica armada sejam descontinadas e que, de cada um de nós, surjam novas ideias.

2

ARQ. E ARQUEÓLOGO HASSAN FATHY - EGITO

2.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

Este exemplo tem muito da tradição assíria de mais de 2000 anos A.C., é um exemplo do Arquiteto Hassan Fathy, que ama seu povo, sua tradição e seus costumes. Além disso, o arquiteto conhece os

materiais de sua região e com uma alta dose de inteligência, sabedoria e anos de trabalho, projetou uma cidadezinha com recursos tecnológicos conhecidos, obtendo um resultado super econômico.

2.2 - NEW GOURNA - UMA OBRA SINGULAR, UMA CIDADEZINHA EM ARCOS, ABÓBODAS E CÚPULAS



OBRA

New Gurna (1950 – 1965)

AUTOR

Arq. e Arqueólogo Hassan Fathy

LOCALIZAÇÃO

Tebas – Egito

Na década dos anos 50 do século passado, começou a ser construído um povoado de campões, projetado e supervisionado pelo Arq. e Arqueólogo Hassan Fathy. Este povoado chamado New Gurna está a menos de 20 km de Luxor (Tebas) e do rio Nilo, sobre o antigo local que ocupava Old Gurna, região que nunca chove. Em consequência, o único material usado é o barro da

Fig. X-1. Construções só com arcos, abóbodas e cúpulas. O andar superior não tem cobertura, são os dormitórios. As janelas são só o vão na parede. (*-10).

região, com o qual se faz o tijolo (Fig. X-3) secado ao sol, usando também o barro como argamassa para assentar os tijolos e para fazer o reboco por dentro e por fora. Não se usa cimento nem armaduras de aço. A construção está baseada em abóbodas, cúpulas e em colunas, com paredes grossas e pesadas para a estrutura estar sempre em compressão.



Fig. X-2. Mapas gerais e em detalhe que mostram a posição e proximidade do povoado referente ao rio Nilo e a Luxor. (*-10).



Fig. X-3. Mostra o tijolo cru feito de barro secando ao sol e o molde do tijolo. (*-10).



Fig. X-4. Vista externa da mesquita. (*-10).

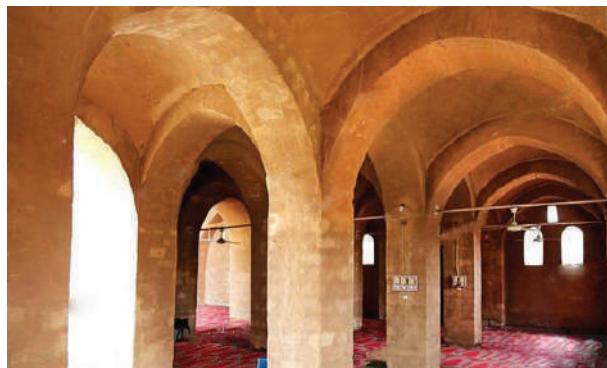


Fig. X-5. Vista parcial do interior da mesquita, com arcos e pequenas cúpulas. (*-10).



Fig. X-6. Grupo de estudantes de arquitetura uruguaios observando, em 1963. Ao fundo, demolições e reformas. Quase no horizonte, lavouras plantadas onde trabalham os povoadores. (*-5).



Fig. X-7. O pátio de uma escola. As sombras são só a das construções. (*-10).

Embora oficialmente se fale que a obra foi acabada no ano de 1954, no ano de 1963, um grupo de estudantes de arquitetura de Montevidéu/Uruguai (onde estava o autor) visita o povoado

quando se faziam ampliações e se demoliam partes deterioradas onde apareceram, com o tempo, graves rachaduras (Fig. X-10).



Fig. X-8. Pátio da feira geral e artesanal, em 1963. (*-5).



Fig. X-9. Conjunto habitacional recentemente consertado, em 1963. No 2º pavimento, os dormitórios são sem cobertura. (*-5).



Fig. X-10. Conjunto habitacional em conserto, em 1963. Observe as rachaduras na janela, no extremo esquerdo da foto. (*-5).

2.3 - O SISTEMA CONSTRUTIVO

Neste povoado, o Arq. H. Fathy quis usar uma tecnologia ancestral de mais de 2000 anos A.C.; portanto, não devia ter forma, não usar cimento,

nem aditivos, não usar armaduras nem argamassas com areia e nenhum tipo de argamassa – a não ser barro da zona.



Fig. X-11. Pátios e galerias sombreadas. (*-5).



Fig. X-12. Construções egípcias anteriores a 2000 anos A.C., com tijolo de barro cru, assentes com argamassa de barro, colocado em várias camadas. (*-11).

As cúpulas foram feitas pelo antigo sistema de cintel, enquanto as abóbodas pelo antigo sistema “Bizantino”. Esse método consiste em fazer a abóboda com uma sucessão de arcos independentes, inclinados com referência ao eixo vertical (veja as figuras seguintes).

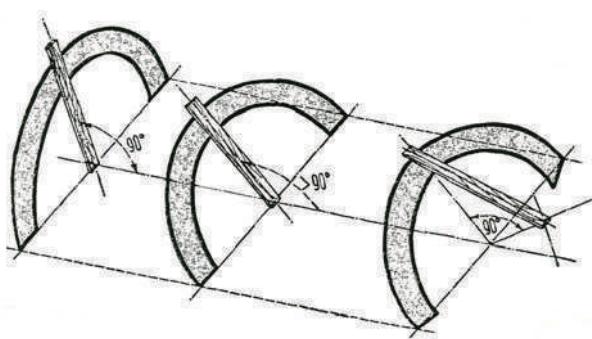


Fig. X-13. Os únicos usados são os 2° e 3°, porque o arco é incluído, o que facilita a montagem. (*-8).

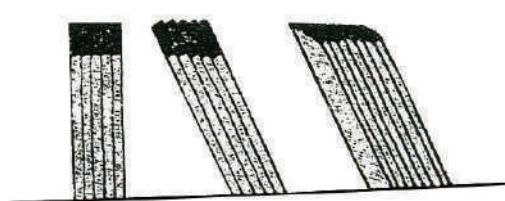


Fig. X-14. Posição dos arcos referentes ao plano horizontal e ao eixo vertical. (*-8)

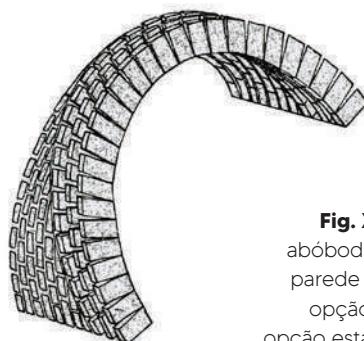


Fig. X-15. O começo da abóboda é sempre de uma parede vertical. Esta é uma opção de começo, outra opção está na Fig. X-14. (*-8).



Fig. X-16. Os apoios são sempre robustos. As paredes têm um mínimo de 60 cm. de espessura. (*-11).



Fig. X-17. Neste caso, as fiadas de tijolo junto à parede começam com a inclinação da abóboda. Na foto, o operário colocando a mão no barro-argamassa. (*-11).



Fig. X-18. Vista da fiada completa com o triângulo de abóboda junto à parede e ao gabarito que verifica a inclinação adequada. (*-11).



Fig. X-19. O pedreiro assentando o tijolo usando uma maceta para afirmar o tijolo. (*-11).



Observando tudo, constatamos que o sistema não usa formas (importante para o Egito). A madeira usada são tabuões para andaimes apoiados nas paredes e, quando precisar, usam-se escorras. Neste caso, os vão são de + 3.00 m..

Fig. X-20. Vista do conjunto de abóbadas começadas, todas avançam em paralelo ou quase nunca umas muito avançadas das outras pelo problema do empuxo horizontal. (*-11).



Fig. X-21. Vista do conjunto, em 1963. (*-10).

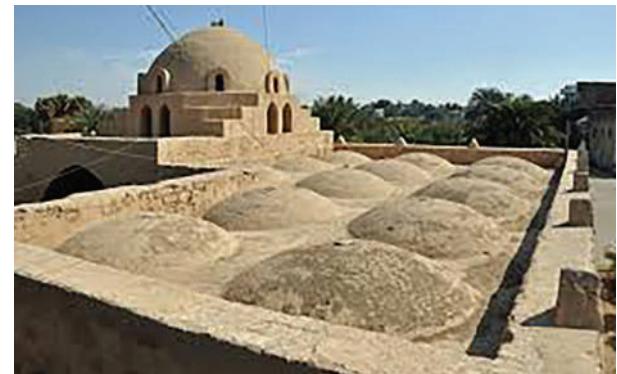


Fig. X-22. Mesquita, conjunto de cúpulas das galerias. Atrás, o domus com 11 m. de diâmetro. (*-10).



Fig. X-23. New Gourna, um povoado feito sem ferro, sem cimento, sem madeira, mas com muita engenhosidade. (*-10).

3

ENG. ARIEL VALMAGGIA E ARQUITETOS NO BRASIL

3.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

O Eng. Valmaggia, uruguai, foi aluno direto do Eng. Dieste, mestre e iniciador das estruturas em cerâmica armada, integrou por 2 anos a equipe técnica do escritório Dieste e Montañez. Nesse

período, fizeram-se muitas obras no Uruguai e no Brasil. Mais tarde, o Eng. Valmaggia inicia uma trajetória com empresa própria no Brasil, principalmente na região do nordeste.

3.2 - OBRAS

3.2.1 - Obra: Revenda Seal Motos (1983)



OBRA

Revenda Seal Motos (1983)

PROJETO ARQUITETÔNICO

Escritório de Arquitetura
Jerônimo e Pontual

PROJETO ESTRUTURAL

Eng. Ariel Valmaggia

LOCALIZAÇÃO

Recife - PE/Brasil

2 Figs. X-24 e X-25 Revenda Sael Motos em Recife - PE. Só uma fileira de pilares separados 10 m. com cobertura em duplo balanço de 10.50 m.. As abóbodas vão diminuindo sua flecha na direção do extremo. (*-12).



3.2.2 – Obra: Assembleia Legislativa do Piauí (1983)



OBRA

Assembleia Legislativa
do Piauí (1983)

PROJETO ARQUITETÔNICO

Arqts.: Acácio Gil Borsoi,
Marco Antônio Borsoi e
Janete Ferreira da Costa

PROJETO ESTRUTURAL

EM CERÂMICA ARMADA

Eng. Ariel Valmaggia

LOCALIZAÇÃO

Teresina – Piauí/Brasil

Fig. X-26. Assembleia Legislativa em Teresina – PI/Brasil. O vão é de 40 m. e a corda de 3.50 m., com a platibanda superior contínua, sem finalidade estrutural e sim estética. (*-12).

3.2.3 – Obra: Posto de Fiscalização do I. C. M. (1980)



OBRA

Posto de Fiscalização
do I. C. M. (1980)

PROJETO ESTRUTURAL EM CERÂMICA ARMADA

Eng. Ariel Valmaggia e
Eng. Mario Santos

LOCALIZAÇÃO

Apiúna – Santa Catarina/Brasil

Fig. X-27. Posto de fiscalização do Imposto à Circulação de Mercadorias (ICM), com uma fileira de apoios e 17.50 m. de balanço nos dois sentidos. Este é o maior balanço conhecido em cerâmica armada. (*-12).

3.2.4 – Obra: Passarela do Campus da Universidade Federal do Piauí (1994)



Fig. X-28. Vista frontal das coberturas das passarelas, percebe-se uma sensação de leveza estrutural em cerâmica armada. (*-12).

OBRA

Passarela do Campus
da Universidade Federal
do Piauí (1994)

PROJETO ESTRUTURAL EM CERÂMICA ARMADA

Eng. Ariel Valmaggia

LOCALIZAÇÃO

Teresina – Piauí/Brasil



Fig. X-29. Vista lateral da cobertura em cerâmica armada. Observe o balanço de 12 m.. (*-12).

3.2.5 – Obra: Torre da TV Educativa (1994)

OBRA

Obra: Torre da TV Educativa (1994)

PROJETO ARQUITETÔNICO

Arqts.: R. Montezuma, Katia Avelar e Glícia Fernandes

PROJETO ESTRUTURAL EM CERÂMICA ARMADA

Eng. Ariel Valmaggia

LOCALIZAÇÃO

Campo Grande – Mato Grosso do Sul/Brasil

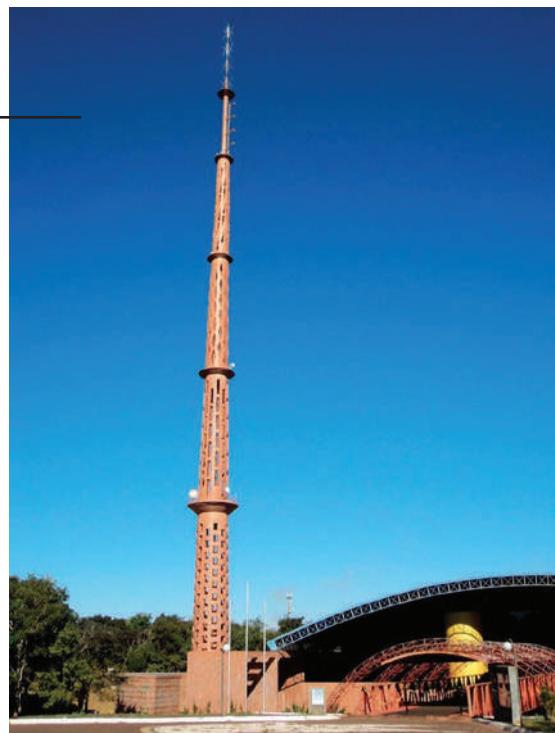


Fig. X-30. Vista da torre da TV Educativa em Campo Grande – MS, com 100 m. de altura. Construída com tijolo de 21 furos, sem andaimes exteriores e sem grua, toda em cerâmica armada. (*-12).

4

ARQ. VITOR LOTUFO

4.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

Com este exemplo, queremos mostrar como, individualmente, cada arquiteto, engenheiro ou estudante pode trazer novas ideias que enriqueçam a temática da cerâmica armada, quer seja na parte tecnológica, quer seja na sua expressão formal. Aqui se traz o exemplo de um arquiteto cujas obras já foram publicadas.

Tenho a certeza de que, em menor ou maior grau, existem muitos arquitetos ou engenheiros que, com sua criatividade, fizeram excelentes contribuições à ciência da cerâmica armada. Vejam este exemplo a título de incentivo.

4.2 - DADOS PESSOAIS

Arquiteto paulista, formado em 1967 pela FAU Mackenzie/SP. Em suas obras, aparecem as

tecnologias da argamassa armada e do tijolo armado, a qual nos interessa neste caso.



Fig. X-31. Veja armação especial com vergalhões empareados e tijolos segurados provisoriamente com grampos de ferro. (*-13).



Fig. X-32. As linhas curvas (nervuras) de 12 cm. de largura vão deixando espaços entre elas, são triângulos preenchidos com vitral rústico. (*-13).



Fig. X-33. As abóbodas são nervuradas, e nota-se por cima a necessidade dos vitrais. (*-13).



Fig. X-34. Vista por baixo, as abóbodas partem de um ponto onde saem as nervuras radialmente. A certa altura, faz-se necessário triangular e por vitrais. (*-13).

4.3 - O SISTEMA

O básico de sua criação tecnológica parte do que ele chama de “ferro-tijolo”. A primeira grande tarefa é marcar parte dos espaços, partindo dos apoios, com um entramado de vergalhões de aço, como se fôssemos fazer estuque ou argamassa armada. Os vergalhões de aço, em posição ascendente e em forma radial, fazem a curva da abóboda, chumbados nos dois extremos, e marcam a posição das nervuras (Fig. X-31) e sua continuação.

As nervuras se fazem emparedando os vergalhões de aço com dois tijolos; para mantê-los na

posição, utilizam-se grampos metálicos durante a cura da argamassa. Para ter tempo suficiente para a cura, avança-se em outras nervuras ou em outro posto de grupo de nervuras.

Os tijolos usados são do tipo bi-queima, por serem mais impermeáveis e mais resistentes. Este sistema é simples: elimina as formas de madeira e usa pouquíssimas escoras – apenas as necessárias para manter na posição o entramado de aço (Fig. X-31). É um sistema manual, não precisa de mão de obra especializada, não necessita de equipamento pesado (gruas, grandes betoneiras, etc.).



Fig. X-35. A grande abóboda é um centro de saída das nervuras com os vitrais. (*-13).



Fig. X-36. Iluminação e ventilação zenital feita com nuras pré-moldadas colocadas horizontais em posição dentada. (*-13).

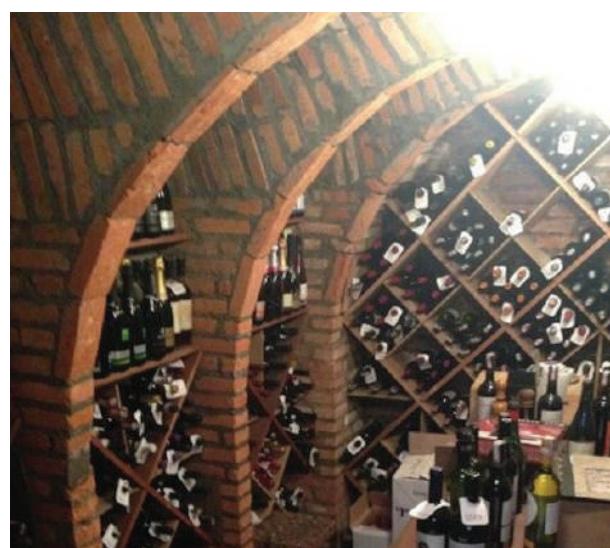


Fig. X-37. Arcos dos quais partem nervuras. (*-13).



Fig. X-38. Altas paredes feitas com nervuras. O movimento das paredes acrescenta sua resistência. (*-13).

5

ARQ. SOLANO BENÍTEZ

5.1 – CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

O arquiteto paraguaio Solano Benítez nasceu em 1963 e se formou na *Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional* (FAUNA). Dentro da sua multifacetada arquitetura, também teve destaque as obras em que utilizava o tijolo armado.

A propositura aqui é trazer o ensinamento das tecnologias do uso do tijolo armado. Contudo, em virtude das excelentes obras deste arquiteto, achamos conveniente trazer alguns exemplos com a finalidade de encorajar a criar obras em tijolo armado a outros profissionais da área.

Com as obras do Arquiteto paraguaio Solano Benítez, poderíamos mostrar outras soluções com cerâmica armada. O arquiteto Benítez a busca da simbiose entre a estética arquitetônica com a tecnologia e o elemento estrutural.

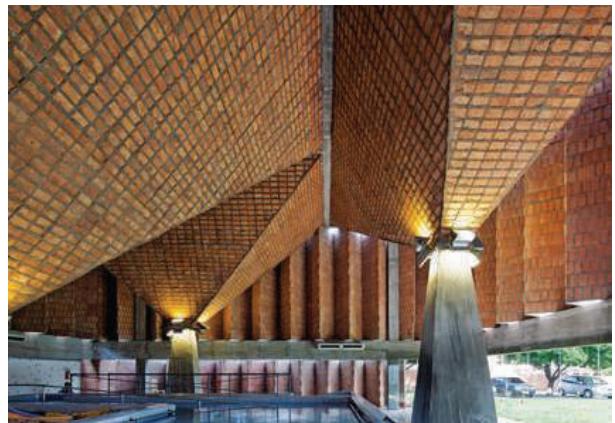


Fig. X-39. Centro de Reabilitação Infantil da Teleton – Paraguai. Observa-se o uso de tijolo armado na cobertura em pirâmide invertida e nas paredes de fechamento. (*-15).

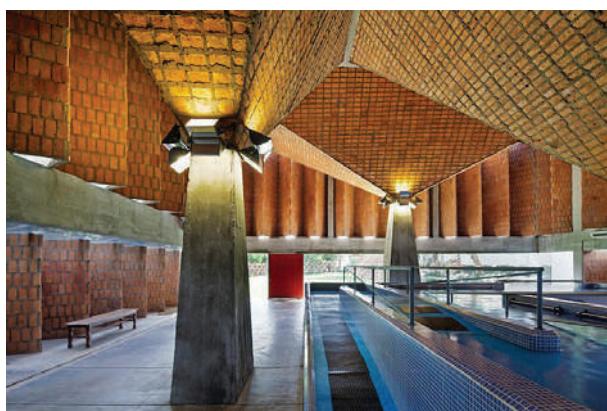


Fig. X-40. Centro de Reabilitação Infantil da Teleton – Paraguai, com as diversas faces do tijolo e os volumes, tem-se um jogo espacial reforçado pela iluminação. (*-15).

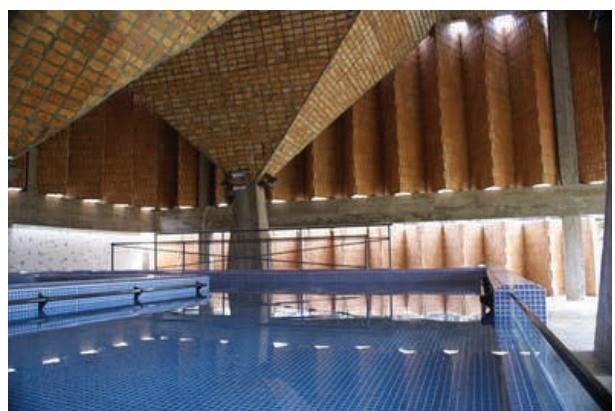


Fig. X-41. Centro de Reabilitação Infantil da Teleton – Paraguai, na água da piscina o reflexo da cerâmica armada. (*-15).



Fig. X-42. Neste caso, uma abóboda vazada feita com elementos lineares curvos de tijolo armado. (*-15).



Fig. X-43. Outro exemplo similar ao anterior, mas com uma trama de elementos mais esbeltos. (*-15).



Fig. X-44. Vista externa da abóboda vazada em tijolo armado. (*-15).



Fig. X-45. Vista interna. (*-15).



Fig. X-46. Estrutura treliçada feita com barreiros de tijolo armado. (*-15).



Fig. X-47. Laje horizontal vazada com treliçamento em tijolo armado. Os pilares são de tijolo armado. (*-15).

6

ARQ. VICENTE SARRABLO

6.1 - DADOS PESSOAIS

Vicente Sarrablo é Dr. Arquiteto, Professor na Escola Superior de Arquitetura da Universidade

Internacional de Catalunha, em Barcelona, e atual Diretor da Cátedra de Cerâmica nesta universidade.

6.2 - A SUA PROCURA CONSTRUTIVA

De suas diversas viagens, em 1997 esteve no Uruguai com o Eng. Eladio Dieste, o pioneiro no campo da cerâmica armada. Desse encontro surgem

aprendizagens, o que gera novas ideias no terreno das estruturas laminares que levarão a soluções importantes e a um avanço tecnológico.

6.3 - UMA IDEIA BRILHANTE O FLEXBRICK (TIJOLO FLEXÍVEL)

O objetivo deste Arq. inventor era criar um produto cerâmico que permitisse uma maior industrialização em todos os processos de montagem destas estruturas laminares. Com isso, alcançar uma maior produtividade da mão de obra, uma maior precisão no produto, um produto da mais alta qualidade, um encurtamento do tempo de montagem e uma economia global. Este produto industrial, o “carro chefe” do sistema construtivo, constitui-se em um tecido flexível de armaduras (malha) e tijolos cerâmicos feitos especialmente para esta malha. (Fig. X-49 e Fig. X-50).



Fig. X-48.
Pavilhão de exposição da Associação Hispânica de Fabricante de Tijolos e Telhas. Uma demonstração das possibilidades formais do Flexbrick. (*-16).

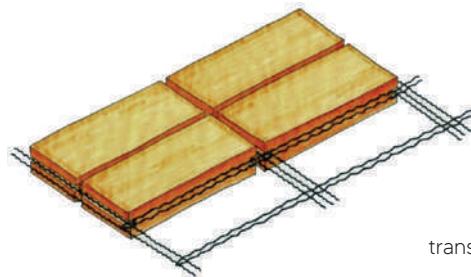


Fig. X-49. Industrialmente, fabrica-se e se monta em conjunto a tela de aço inox (Ex. Ø 2 mm) com os tijolos cerâmicos (Ex. 240x100x45 mm.). Mesmo depois do transporte e da sua colocação na estrutura, o tijolo mantém a mesma posição. (*-16).



Fig. X-50. Se o uso do Flexbrick não é estrutural, ele pode ser uma cortina vazada ou um revestimento. (*-16).



Fig. X-51. Para o transporte, o Flexbrick pode ser dobrado e transportado sobre paletes. (*-16).

Este semiprê-fabricado é um entrelaçado nos dois sentidos, de barras de aço que conformam uma retícula na qual se seguram os tijolos numa posição. Estes tijolos ficarão à vista, terão juntas sem travas e colaborarão estruturalmente com a cobertura (Fig. X-49). Dada à flexibilidade deste tecido de tijolo e armadura, o mesmo se adapta a qualquer curvatura simples da cobertura. (Fig. X-50 e Fig. X-52).

Fig. X-52. Da fábrica, podem sair faixas de 1 m. de largura por 24 m. de comprimento, enroladas em forma de bobinas para seu transporte. (*-16).

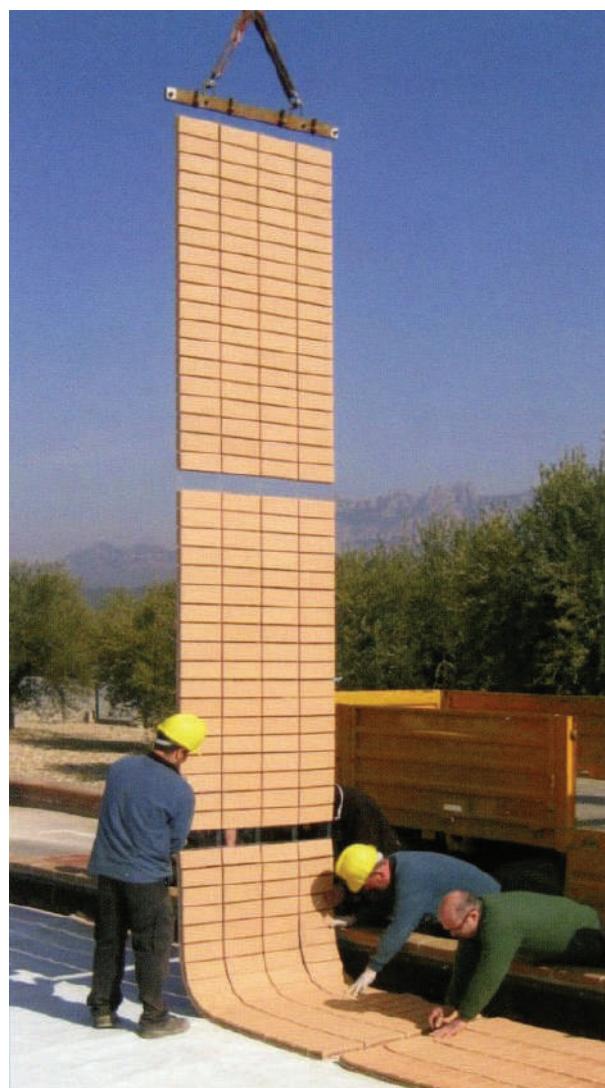




Fig. X-53 e X-54. Essas imagens mostram a facilidade do transporte com bobinas das faixas de *Flexbrick*. Vemos também a sua colocação sobre a forma por ocasião da construção da abóboda. (*-16).

6.4 - O PROCESSO CONSTRUTIVO ESQUEMÁTICO

- 1) Primeiro existirá um projeto que foi criado para que se adapte ao sistema *flexbrick*.
- 2) Prevista a obra, a fábrica de *Flexbrick* fabricará as diversas partes correspondentes a este projeto.
- 3) Quando essas partes se fizerem necessárias na obra, com antecedência, transportam-nas ao canteiro. É importante perceber a facilidade que tem-se para transportar (Fig. X-51 e Fig. X-53), pode ser em paletes ou em rolos (bobinas) (Fig. X-54). Dispensa qualquer tipo de caminhão especial como nos inícios da pré-fabricação.
- 4) De acordo com a capacidade do equipamento de montagem (gruas, caminhão com braço, etc.), assim será o tamanho do tecido de tijolo flexível, é uma operação rápida e econômica. Normalmente, o tecido de tijolo vem à obra em faixas de 1 m. de largura e do comprimento que quiser (até 24 m.). A montagem se faz sobre uma forma curva contínua muito leve. Para a mesma se utilizou andaimes tubulares de obra e para completar a forma, colocou-se malhas trançadas de arame, logo lâminas de poliéster e por cima uma camada com uma manta de borracha EPDM. Toda a forma é facilmente recuperável para ser reutilizada em outra obra (Fig. X-55).
- 5) Após se completa a etapa seca da montagem colocando armaduras extras para os esforços de flexão, cortante ou flambagem transversal, etc., segundo a indicação do projeto estrutural.
- 6) A efeitos de completar a estrutura, falta ainda a parte úmida dessa, que se faz com microconcreto jateado. Este capeamento superior terá espessura, segundo a estrutura, de 3 cm. a 5 cm.. O desempenado final se faz com réguas vibratórias adaptadas ao sistema.
- 7) Depois do tempo necessário e indicado pelo projeto, procede-se a desformar e limpar as juntas e a face vista do tijolo.



Fig. X-55. Uma montagem rápida do *Flexbrick* sobre a forma curva. (*-16).

6.5 – VANTAGENS OBTIDAS COM A INOVAÇÃO DO ARQ. V. SARRABLO

A pesquisa que levou à criação do tecido flexível de aço e tijolo foi apoiada pela Universidade de Catalunha e por entidades públicas. Este tecido oferece numerosas vantagens:

- a)** Os painéis dos tecidos podem ter grandes dimensões até 24 m. de comprimento, em obra, isto traz uma substancial economia de mão de obra.
- b)** Com grua acelera-se o processo de montagem que pode chegar a 10 vezes mais rápidas que o processo tradicional, e ainda a parte vista (*intradós*) fica com seu acabamento definitivo.
- c)** Tem a facilidade muito grande de transporte e estocagem devido à flexibilidade do tecido. Em dobrar, leva-se em paletes ou enrolar em bobinas.
- d)** Em obra, a alineação das juntas é fácil, mesmo que sejam cumpridas, porque a malha de aço deixa o tijolo na posição exata e inamovível.
- e)** A alta qualidade da industrialização dos produtos cerâmicos favorece a sua utilização em outras áreas e não à estrutural somente, na arquitetura e em obra civil em geral.
- f)** Quando usado em seco (exemplo: pavimentos) permite facilmente sua reposição e reparação.
- g)** Além dos pontos anteriores, há genialidade a mais. A colocação nessa forma leve de uma última camada (manta) de borracha EPDM permite que o tijolo do *Flexbrick* se afunde levemente na manta, o que evita o corrimento da nata de cimento. Assim, a junta já fica limpa.

6.6 – EXEMPLO DE APLICAÇÕES DO FLEXBRICK

OBRA

Pavilhão *Hispalyt* na Construmat, 2001 e 2003

AUTOR

Dr. Arq. Vicente Sarrablo

LOCALIZAÇÃO

Feira Construmat 2001,
(Fig. X-48). Barcelona – Espanha

Enquanto estavam sendo feitas as pesquisas sobre o tecido cerâmico, houve a possibilidade de pôr em prática os estudos feitos até esta data. A oportunidade surgiu ao desenhar o pavilhão da Feira Construmat 2001 em Barcelona à Associação de Fabricantes Espanhóis de Tijolo e Telhas – *Hispalyt*. O objetivo da mensagem do desenho arquitetônico do pavilhão era duplo:

– resgatar as abóbadas tradicionais para uma modernidade com custos competitivos;

– chamar a atenção aos Arquitetos a respeito de desenhos e projetos formalmente inovadores que se pode atingir com um produto industrializado que utiliza materiais tradicionais. Portanto, cobertura, paredes e piso se curvam para, em um traço, fazer uma continuidade do material. Mostrou lâminas de mínima espessura, cobertura com flexões e inflexões de raios diferentes para transformar-se em parede e continuar no piso, (Fig. X-48). Em 2023, voltou a expor-se na Feira Construmat.

OBRA

Casa Mingo

AUTOR

Dr. Arq. Vicente Sarrablo
e Arq. Jaume Colom

LOCALIZAÇÃO

Sant' Martí de Tous.
Barcelona – Espanha 2007



Fig. X-56. Vista externa da Casa Mingo onde foi usado o *Flexbrick* na cobertura e na cerca externa. (*-16).

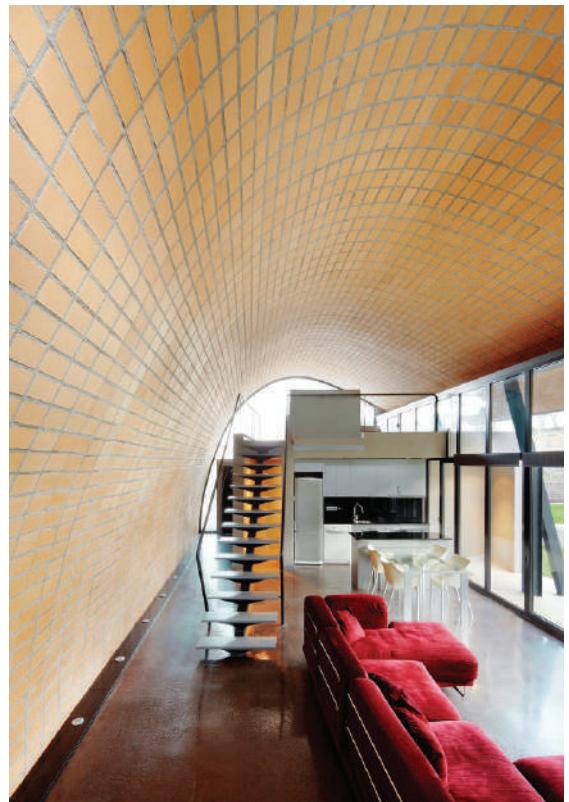


Fig. X-57. Esta vista interna mostra a parede que começa no piso e se transforma em cobertura. (*-16).

- 1 – Cobertura composta (de fora para dentro) por:
 - a) Revestimento de tela cerâmica *Flexbrick* (tijolo 240x100x45 mm. + tela de aço inox Ø 2 mm.).
 - b) Geotêxtil nas duas faces *Nett Drain 5012.12*.
 - c) Lâmina impermeável EPDM Giscolene.
 - d) Isolante de lã de rocha *Rockwool* de dupla densidade de 80 mm..
 - e) Lâmina estrutural de micro concreto jateado sobre a tela cerâmica *Flexbrick* (tijolo 240x100x45 mm. + tela de aço inox Ø 8 mm.).
- 2 – Aberturas de aço laqueado com vidro Climalit 6+4+6 mm.
- 3 – Coluna Talferco composta com perfis UPN 180.
- 4 – Pavimento composto por:
 - a) Argamassa autonivelante polimérica *Weber floor Color*.
 - b) Camada aquecida, com argamassa *Weber floor Fluid*.
 - c) Rodapé de 15 cm.

- 5 – Remate de tela cerâmica *Flexbrick* mediante ganchos de chapa inox (espessura 2 mm.), dobrado sobre perfil T 50.5 mm. de aço galvanizado.
- 6 – Rótula estrutural com tubo de aço Ø50.4 + UPN 100.
- 7 – Viga em tubo de aço 160x120x5 mm.
- 8 – Tubos de aço 50x50x5 mm. para pré-marco da abertura e para suporte de painel sanduíche e incluir fios das instalações.

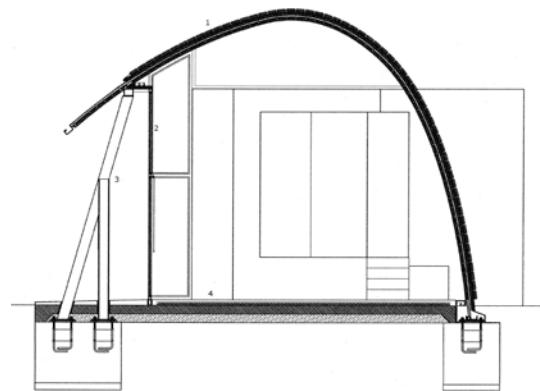


Fig. X-58. Corte detalhe da casa Mingo. (*-16).

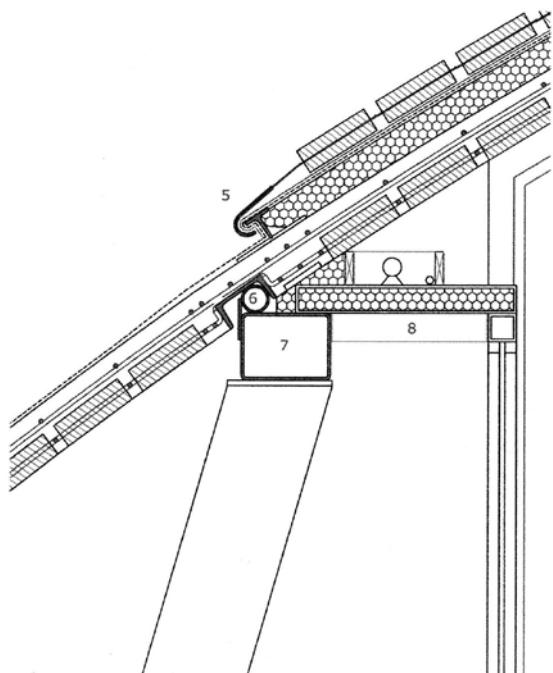


Fig. X-59. Detalhe da casa Mingo, cobertura e fechamento. (*-16).



OBRA

CDS House

AUTOR

T D B – Arquitetura

LOCALIZAÇÃO

Girona - Catalunha/Espanha

Fig. X-60. As abóbadas autoportantes são pré-fabricadas com Flexbrick. (*-16).

Nesta casa, o *Flexbrick* foi utilizado em abóbadas pré-fabricadas autoportantes, de 1.20 m. de largura. Nela, consegue-se um acabamento com cores cálidas e a substituição do tradicional

sistema de lajes e vigas pelo sistema de abóbadas autoportantes, as mesmas ao serem pré-fabricadas proporcionarão uma grande rapidez à construção e uma solução que não requer manutenção.

6.7 - ARQ. V. SARRABLO ABRINDO CAMINHOS

Deste Arquiteto, diz-se que o seu trabalho é algo muito especial. Além de pesquisador, inventor, é um navegador para novos rumos da arquitetura. Até o momento, os que estiveram ou estão metidos com a cerâmica armada, encontramos ou criamos novas soluções construtivas ligadas diretamente ao canteiro de obra. Sarrablo encontra soluções que partem da indústria, de fábricas fixas, e um salto, uma revolução tecnológica. Se disséssemos há um tempo “vou levar à obra a parte mais importante da minha abóboda enrolada numa bobina”, alguém poderia dizer que estávamos sonhando. Hoje, com o *Flexbrick*, isso é possível.

O *Flexbrick* é uma ideia brilhante, é o início de um processo de industrialização das estruturas

laminares de cerâmica armada. O *Flexbrick* é um produto semiacabado que vem a resolver a parte mais importante da abóboda. Sarrablo nasce com um carisma que o leva a gostar do uso moderno do tijolo em estruturas. Na sua visita ao Eng. Dieste, como agudo observador, explode sua iniciativa pela pesquisa. Não esqueçamos de que o respectivo arquiteto não se limita a dar solução construtiva de tijolo armado para estruturas, também irrompe no campo do projeto arquitetônico. Propõe o Arq. V. Sarrablo, baseado no *Flexbrick*, novos desenhos estéticos para residências, pavilhões de exposição, etc., que nos fala de uma contribuição a uma nova arquitetura.

7

PROPOSTAS DE NOVAS ESTRUTURAS

7.1 - CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

As ideias apresentadas, embora idealizadas em anteprojetos, ou croqui de anteprojeto, têm a sua solução construtiva em cerâmica armada, todas podem ser feitas com algum ou com vários dos sistemas construtivos apresentados neste livro. As possibilidades formais – estruturais são imensas, o que permite fazer voar a imaginação. Os exemplos mostrados se baseiam em dois conceitos:

- a)** são sempre estruturas laminares de cerâmica armada simples ou de dupla curvatura;
- b)** montam-se (estas estruturas) com elementos cerâmicos pré-moldados ou industrializados. Não se usam formas parciais nem totais, utilizam-se formas-guias curtas ou compridas segundo o caso.

Estas estruturas-coberturas utilizam para sua montagem o sistema utilizado para a igreja N. S. de Fátima de Florianópolis – SC/BR (Cap. IV) ou o das estruturas plissadas (Cap. VII), ou os sistemas das cúpulas (Cap. VIII). Para todos os exemplos citados, fizeram-se previamente pré-cálculos aproximativos com um amplo coeficiente de segurança, a fim de serem ajustados posteriormente por ocasião prévia à sua construção. Por ocasião da sua realização, se deverá saber a resistência da cerâmica mediante teste à compressão. Em cada estrutura apresentada foram considerados pelos autores as necessidades dos equipamentos da obra e seu *layout*.

7.2 - OUTRAS PROPOSTAS PARA SOLUÇÕES DE GRANDES VÃOS COM CERÂMICA ARMADA

OBRA

Anteprojeto para Hangares, Ginásios, Auditórios, etc.

AUTORES

Arqts. A. Brizolara e J. M. Arostegui

LOCALIZAÇÃO

A determinar

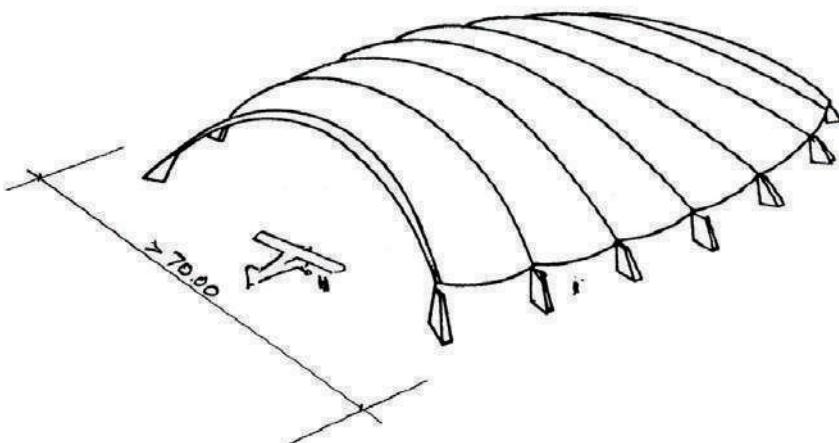


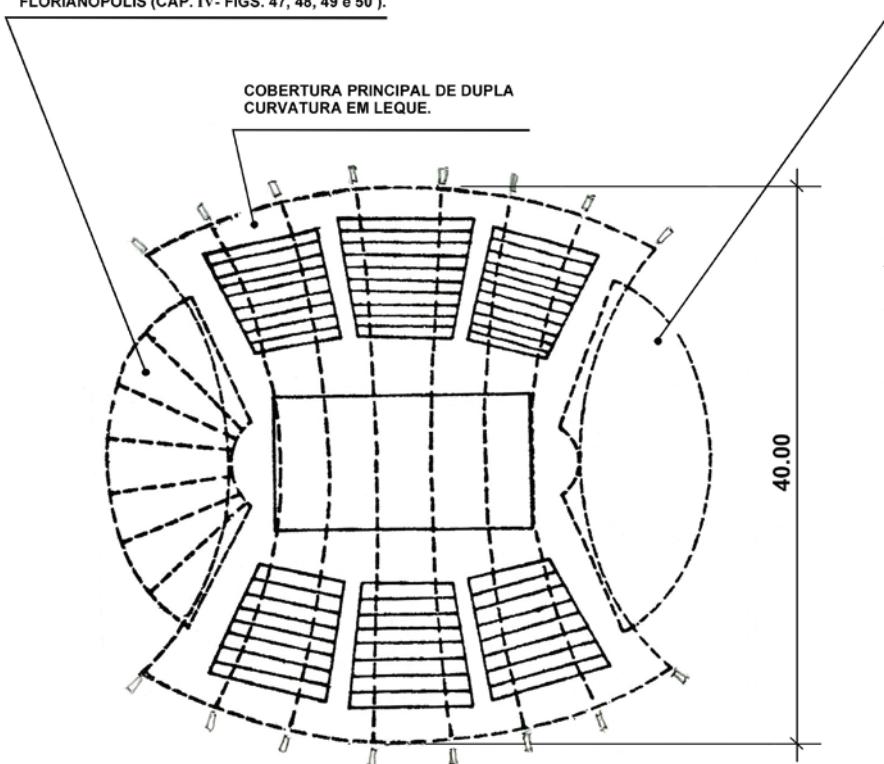
Fig. X-61. Croqui vista aérea anteprojeto de um hangar para aviões pequenos. (*-5).

A cobertura laminar deste hangar é dupla curvatura. Fazendo um corte transversal, ela é um arco biarticulado. Pelo seu formato em leque, tem um momento de inércia maior no centro perto

dos esforços maiores. Sua planta baixa é similar a P.B. do ginásio, sem as cabeceiras (Fig. X-62). O problema estrutural maior é a ação do vento de 250 Km/h.

COBERTURA DE DUPLA CURVATURA
EM LEQUE. CÚPULA POLILOBULADA SIMILAR
A FEITA NA IGREJA N. S. DE LOURDES EM
FLORIANÓPOLIS (CAP. IV- FIGS. 47, 48, 49 e 50).

COBERTURA EM SEMI-CÚPULA
AUTOPORTANTE COMO A DA Fig. X-63



As coberturas que fecham as cabeceiras do ginásio esportivo, seja a cúpula polilobulada ou a semicúpula autoportante, sempre estarão vinculadas à cobertura principal.

Fig. X-62. Planta baixa do anteprojeto de um ginásio esportivo. (*-5).

Esta cobertura é construída em tijolo armado, pode ter interrupções para dar iluminação e ventilação. O presente formato de coberturas sempre se vincula às coberturas principais.

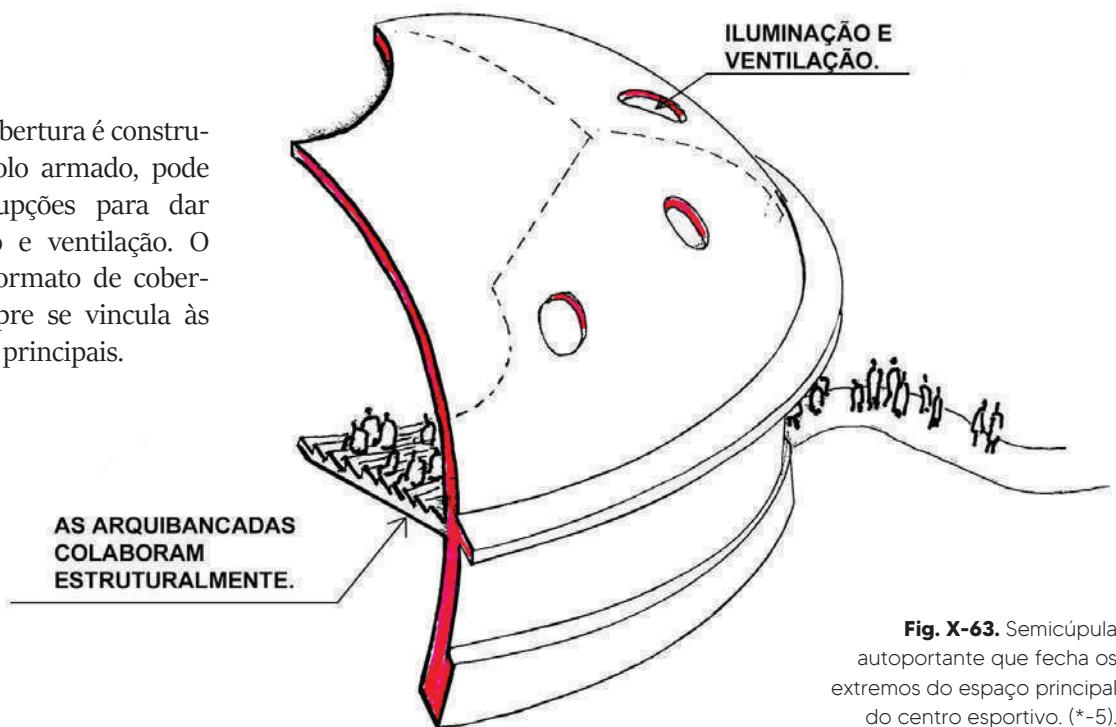


Fig. X-63. Semicúpula autoportante que fecha os extremos do espaço principal do centro esportivo. (*-5).

7.3 - OUTRAS COBERTURAS, AUDITÓRIOS, HANGARES

Em geral, para definir vãos e dimensões nos anteprojetos, é preciso fazer pré-dimensionamentos estruturais das grandes solicitações e ter presente também a tecnologia e o processo construtivo.

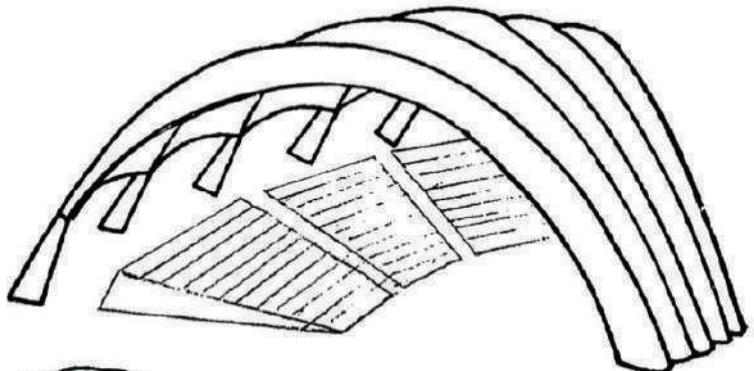


Fig. X-64. Auditório coberto sem fechamentos. Cobertura de tijolo armado com dupla curvatura. (*-5).

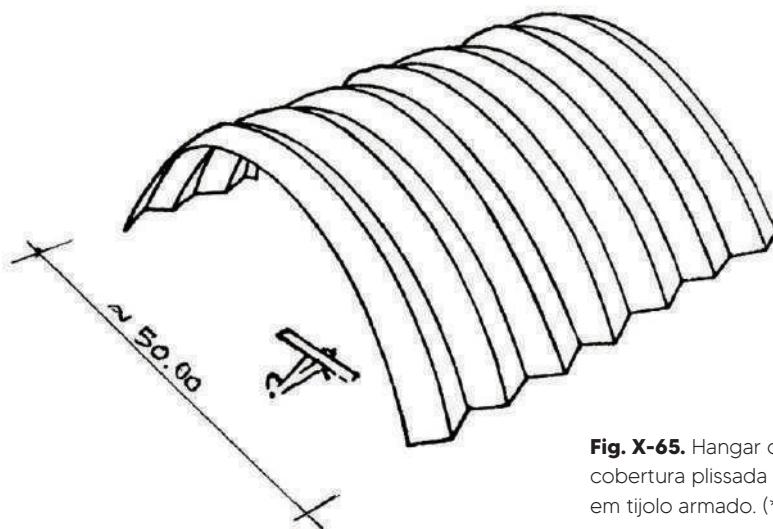


Fig. X-65. Hangar com cobertura plissada curva em tijolo armado. (*-5).

7.4 - IGREJAS

Os projetos para as igrejas são infinitos. Aqui trazemos um exemplo a modo explicativo e para animar a criatividade. Este exemplo sai do esquema tradicional da igreja retangular e aponta aos critérios da assembleia do povo que escuta a palavra de Jesus Cristo e celebra a sua ressurreição. Estas foram as orientações do Concílio Vaticano II (1963) aos espaços celebrativos da Igreja Católica.

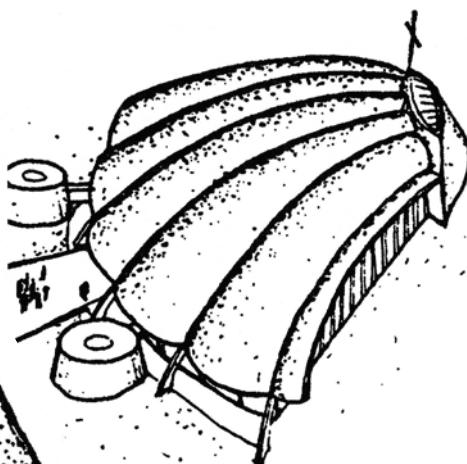
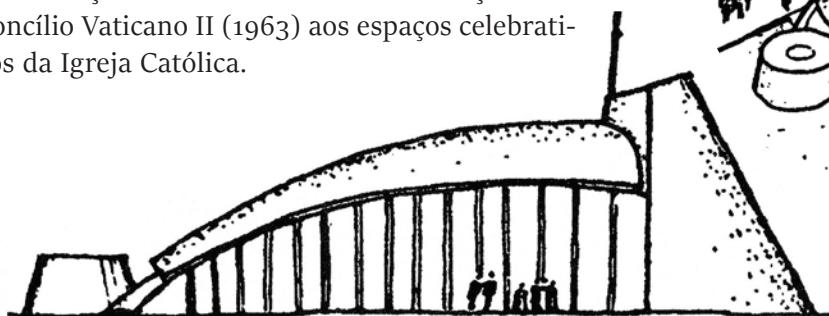


Fig. X-66. Exemplo de igreja com cobertura de cerâmica armada em dupla curvatura. Com batistério e sacristia redondos e externos. (*-5).



7.5 - CENTROS COMERCIAIS - RESIDÊNCIAS

A mistura de cúpulas de cerâmica armada com abóbodas é válida em qualquer projeto. Já vimos isso na rodoviária de Livramento e também na casa Nasser (Cap. VIII) (*-5).

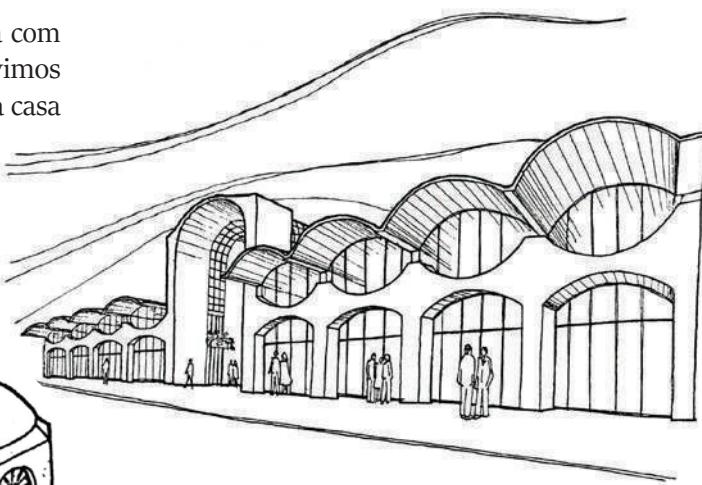


Fig. X-67. Anteprojeto para Centro Comercial em POA/Brasil. Também temos o exemplo no Cap. XII de um centro comercial em Montevidéu/Uruguai. (*-5).

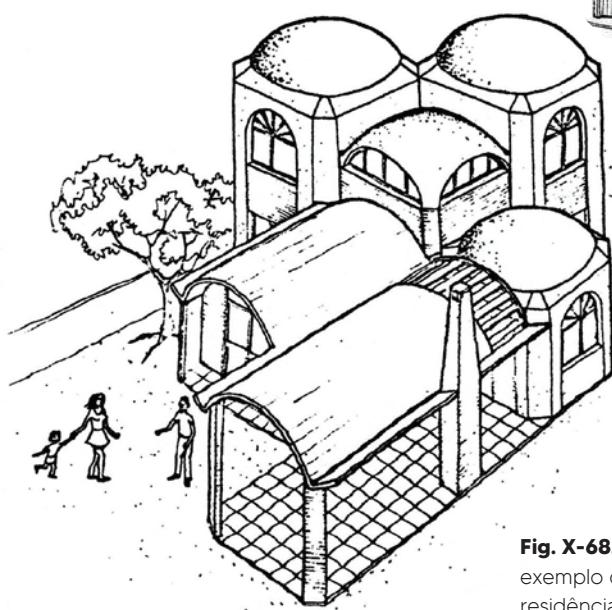


Fig. X-68. Um exemplo de residência. (*-5).

7.6 - FÁBRICAS OU DEPÓSITOS

Existem muitas soluções para fábricas que dependem da tipologia do projeto. Neste caso, a intenção é apresentar uma solução super singela, sem dupla curvatura, fácil de construir e flexível com referência aos vãos.

Esta solução tem várias vantagens:

- 1 - Com abóboda inclinada, permite-se orientar a iluminação em oposição ao sol.

2 - Com a abóboda autoportante, temos todas as alternativas que queiramos referente aos vãos entre pilares nos dois sentidos.

3 - O tensor não interrompe os vãos livres. É uma construção sem complexidade, devem-se estudar com cuidado os momentos dos pilares externos.

4 - Não tem a complexidade da dupla curvatura.

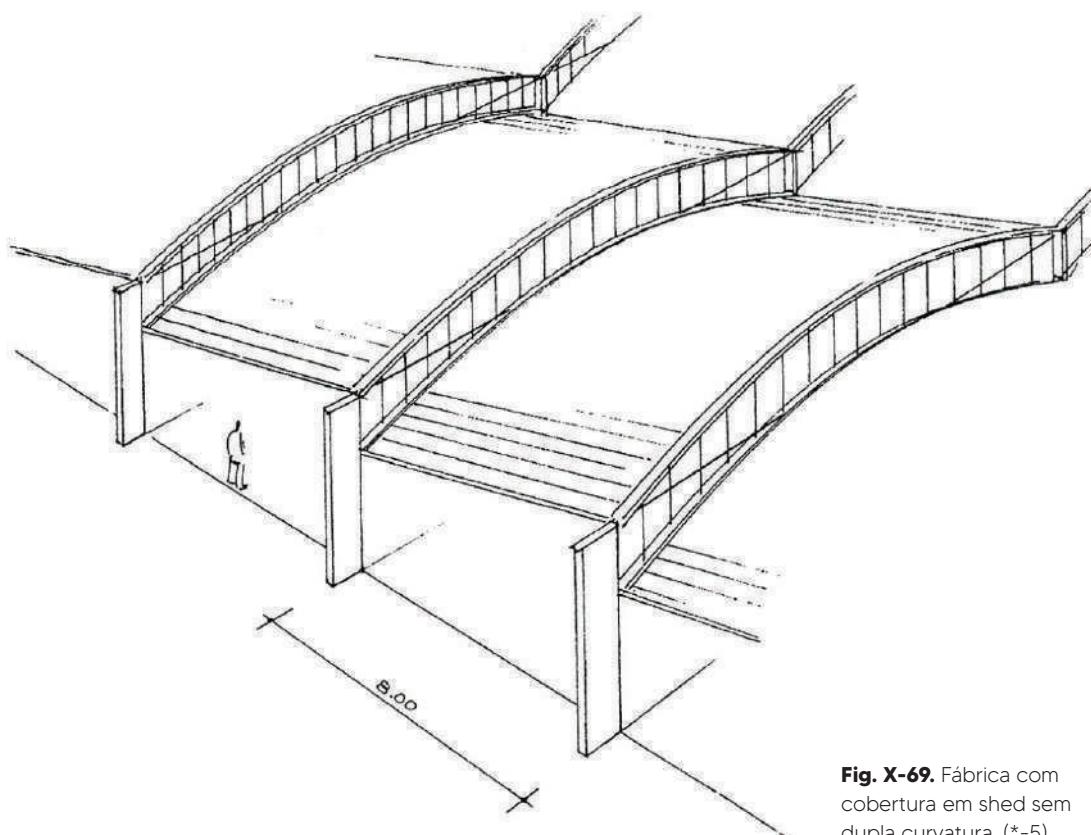


Fig. X-69. Fábrica com cobertura em shed sem dupla curvatura. (*-5).



CAPÍTULO XI

NOVIDADES, CURIOSIDADES E TECNOLOGIA DE PONTA

dimensionamento



Resumen (español)

Novedades, curiosidades y tecnología de punta - Dimensionamiento.

Se presenta en este capítulo construcciones inéditas porque enfrentaron una problemática absolutamente nueva. Se muestran ejemplos con soluciones audaces y novedosas.

Sistema de dovelas – onda para un vano de 100 m. el Palacio de los Deportes de Oviedo, España, (Fig. XI-1 a XI-4). El sistema constructivo se hace con dovelas – onda prefabricadas en obras, se describe todo el proceso de obra (Fig. XI-5 a XI-18). Detalle de las dovelas (Fig. XI-19 a XI-22).

Pós – compresión singular para grandes vanos, creados por el autor. Las bóvedas en su vano principal tienen una contra-flecha para que la resultante de la pos-tención pase por el valle provocando un contra-momento igual al momento flector (Fig. XI-27 a XI-32).

Reservatorio de agua elevado con un (1) pilar central y el resto en cerámica, colgante, con uso de pre-moldeados de cerámica y pos-tención. Se describen las 6 (seis) etapas de montaje (Fig. XI-33 a XI-44). Techo de ladrillo armado en tronco de pirámide. Techo para una fábrica en Porto Alegre (BR.), se explica su construcción (Fig. XI-45 a XI-55).

Cúpulas con base cuadrada, ejemplo de mini mercado y como eran en el medioevo. Casa popular con techo de ladrillo, en punta de diamante. Prototipo donde el techo se hace con ladrillo escalonado. Detalle para montaje del techo (Fig. XI-60 a XI-67). Otro ejemplo de una casa en balneario.

Dimensionamiento. En este apartado se enseña a determinar la curva catenaria por el método práctico y por el camino matemático. Se enseña a calcular, el largo de la catenaria (L), la fuerza tangencial en el extremo (T), el empuje horizontal (H) la descarga vertical (V) y la flecha (f). Trae un ejercicio práctico.

Summary (english)

News, curiosities and cutting-edge technology - Sizing.

In this chapter unpublished constructions are presented because they have faced absolutely new issues.

Examples of bold and novel solutions are shown. Wave- voussoirs system for a span of 100 m. The Palace of Sports of Oviedo, Spain, (Fig. XI-1 to XI-4). The constructive system is made with prefabricated wave- voussoirs in site, the entire work process is described (Fig. XI-5 to XI-18). Detail of the voussoirs (Fig. XI-19 to XI-22).

Singular post-compression for large openings, created by the author. The vaults in its main span have a counter-arrow so that the resultant of the post-tension goes through the valley causing a counter-moment equal to the bending moment (Fig. XI-27 to XI-32).

High water reservoir with one (1) central pillar and the rest in ceramic, hanging, with use of pre-molded ceramic and post-tension. The 6 (six) assembly stages are described (Fig. XI-33 to XI-44).

Brick roof armed in pyramid trunk. Ceiling for a factory in Porto Alegre (BR.). Its construction is explained (Fig. XI-45 to XI-55).

Domes with square base, example of mini market and as they were in the middle ages.

Popular house with brick roof, in diamond point. Prototype in which the roof is made with stepped brick. Detail for roof mounting (Fig. XI-60 to XI-67). Another example of a house in a spa.

Sizing In this section we teach how to determine the catenary curve by the practical method and by the mathematical path. It is taught to calculate the length of the catenary (L), the tangential force at the end (T), the horizontal thrust (H), the vertical discharge (V) and the arrow (f). It shows a practical exercise.

1

CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

Sabemos que existem muitas abordagens na tecnologia da cerâmica armada. Digamos que houve e que há muitas soluções aos diversos desafios da construção.

Sabemos ainda que, provavelmente, diante de um problema a resolver, utilizamos um sistema construtivo conhecido como os diversos sistemas já vistos nos capítulos anteriores deste livro. Às vezes, as obras apresentam uma problemática diferente, inédita, e é necessário criar soluções construtivas também inéditas.

Eu diria que, neste capítulo, estão sendo apresentadas soluções em cerâmica armada para casos de grandes vãos (100 m.), de pós-compressão singular, de coberturas poligonais, de coberturas em ponta de diamante ou de busca de resultado ultra econômico, dentre outras. Pode-se dizer que, com cerâmica armada, sempre há uma resposta construtiva adequada e, se quem atua também tem arte, a solução será belíssima.

Estas alternativas requerem arquitetos com conhecimentos acerca da lógica estrutural e com

engenheiros com estética, sensibilidade artística e conhecimento do dimensionamento estrutural. O Eng. uruguai E. Dieste descobriu o que se podia fazer com tijolo armado, e, hoje, seus seguidores avançam nesse campo. Ser aluno não significa ter ido a aulas na universidade, mas, sim, ter absorvido os ensinamentos teóricos e práticos para lançar-se numa transformação até os limites do pensamento.

Neste capítulo, temos exemplos arrojados e também inusitados. Procurando ser coerentes com todo o livro, e não dar superficialmente a notícia do tipo de obra, mostra-se, com detalhes, o processo construtivo como ensinamento para que todos possam construir. Alguns destes exemplos são únicos, outros podem transformar-se em sistemas construtivos e de novas formas de pós-tencionar as coberturas.

Sobretudo, no final deste capítulo (apartado 8), detalha-se de que modo se estabelece a curva *antacatenaria* e os esforços na mesma.

2

O SISTEMA DE "ADUELAS - ONDA"

OBRA

Palácio dos Esportes (1961)

AUTORES

Eng. I. Sanches Del Rio
Arqts.: F. Cavanilles, F. Muñiz Uribe e J. Suárez.

LOCALIZAÇÃO

Calle Rio Caudal, S/N, 33010 –
Oviedo – Astúrias/Espanha

2.1 - UMA SOLUÇÃO CONSTRUTIVA PARA GRANDES VÃOS

Este exemplo na cidade de Oviedo, Espanha, levam-nos a pensar em soluções para estádios esportivos ou hangares com vãos de 100 m. ou mais. Neste caso, o problema foi resolvido com cobertura em abóboda de dupla curvatura, que cobre uma superfície aproximada de 100 x 100 m., quer dizer, um hectare ($10.000\ m^2$).

Em todas as soluções para cordas de abóbodas nestas dimensões (+ 100 m), o efeito de flambagem transversal é de singular importância devido à força

direta na abóboda. Para resolver o problema, é preciso aumentar o momento de inércia transversal da abóboda. Para solucionar, o caminho não está em aumentar a espessura da lámina, e, sim, em dar um perfil geométrico que responda e o resolva. Como solução, poderia ser uma lámina plissada (Fig. XI-1) ou, considerando este caso, uma cobertura com ondas, ou seja, uma abóboda com dupla curvatura, conforme as figuras a seguir.

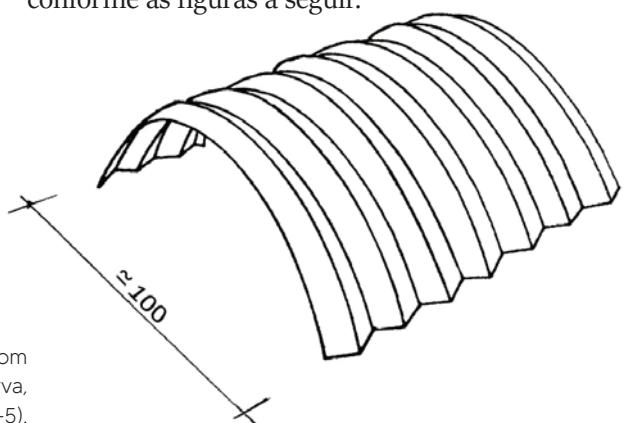


Fig. XI-1. Hangar com cobertura plissada curva, em tijolo armado. (*-5).



Fig. XI-2. Vista aérea do conjunto. O conjunto todo coberto com mais de um quarteirão. (*-13).



Fig. XI-3. Vista do acesso e dos triângulos dos contrafortes de concreto. (*-13).



Fig. XI-4. Uma visão impressionante do interior. (*-13).

2.2 - A CONSTRUÇÃO

No capítulo I, mostramos o sistema construtivo do Eng. E. Dieste. O referido sistema usa uma forma inteira em toda a fatia que forma a onda, de lado a lado, que, lateralmente, vai se deslocando até completar o telhado. As formas, evidentemente, embora feitas dezenas destas coberturas, pode-se dizer que são gigantes, o que significa que se têm boa experiência, mas as cordas maiores do engenheiro uruguai foram de 55 m.

A grande novidade na solução da cobertura do Palácio dos Esportes de Oviedo, Espanha, foi o **uso de aduelas-onda pré-moldadas**. A grande abóboda está formada por grandes ondas, divididas em aduelas iguais (pré-moldadas) (Fig. XI-5). Para a montagem, os extremos se apoiaram sobre os andaimes. A montagem se faz com grua (Fig. XI-6).

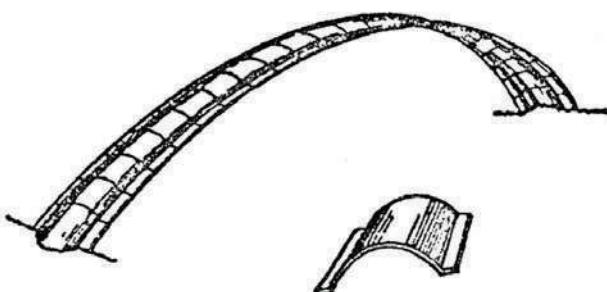


Fig. XI-5. A onda total é dividida em partes iguais que são as aduelas do arco. No detalhe a aduela-onda. (*-8).

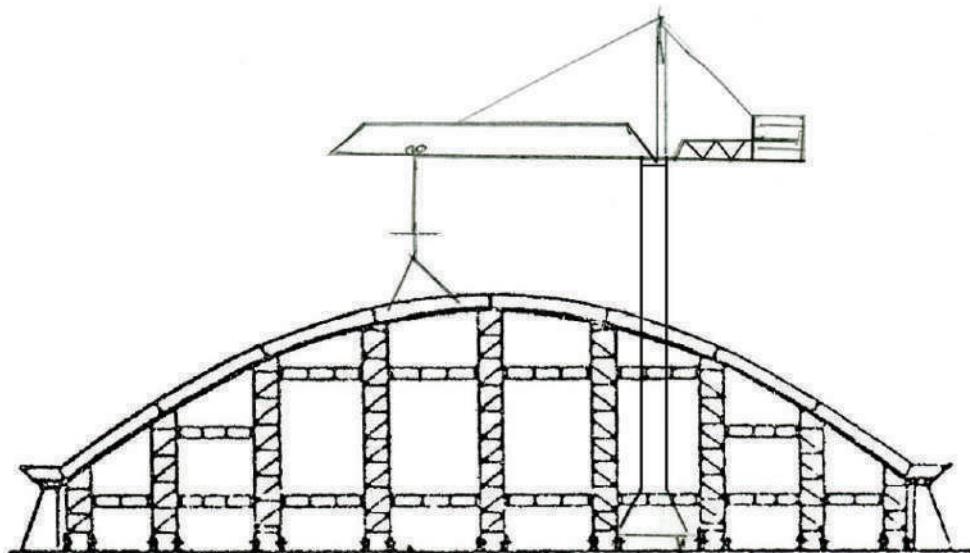


Fig. XI-6. As aduelas apoiadas nos andaimes. A montagem é feita com grua. (*-8).

2.3 - O PROCESSO DA OBRA

Consideramos que as fundações já estão feitas em subsolo muito firme, e também todas as tarefas soterradas, encanamentos e instalações. Foram deixadas também todas as armaduras de espera de pilares e contrafortes. Se, futuramente, fazerem arquibancadas, também ficarão previstas as fundações e as esperas das mesmas.

1º CONTRAPISO

Deverá ser feito todo o contrapiso alisado e perfeitamente nivelado com precisão. O contrapiso será o referente para certas medidas. Ainda deverá ser feito o nivelamento e um contrapiso menos robusto nos lugares do canteiro de obra, onde serão utilizados para as tarefas auxiliares da obra, como para a pré-moldagem das aduelas-ondas.

2º A PRÉ-MOLDAGEM DAS ADUELAS - ONDAS

Com antecedência, com o tempo de cura e endurecimento necessários, fazer as aduelas-ondas antes de sua montagem. Para o correto ritmo de obra, trabalharemos sempre com estoque de aduelas-ondas sobrante.

Esta pré-moldagem deve ser feita na área de abrangência da grua (Fig. XI-6 e XI-7). A argamassa

usada será científicamente dosada em laboratório e testada, se usará apenas cimento de alta resistência inicial (A.R.I.).

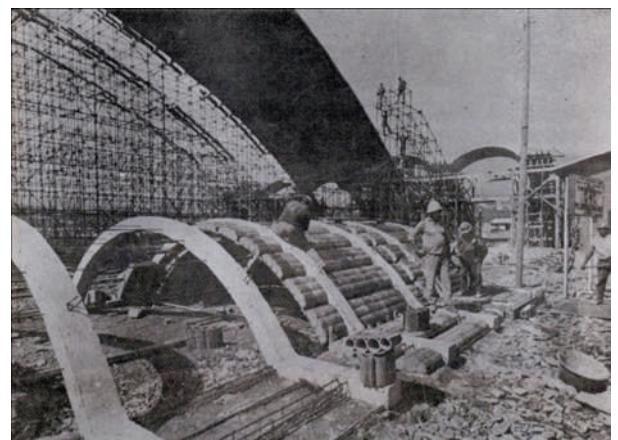


Fig. XI-7. A pré-moldagem das aduelas-ondas no canteiro de obra. Os nervos de rigidez foram pré-fabricados com antecedência; as tavelas cerâmicas foram desenhadas e fabricadas especialmente para a obra. (*-14).

3º ANDAIMES

Os andaimes são metálicos e foram colocados nos vales de 2 (duas) grandes ondas de dupla curvatura (Fig. XI-8). Isso quer dizer que a cobertura avança de duas em duas fatias. Veja na Fig. XI-8 as duas primeiras fatias montadas.

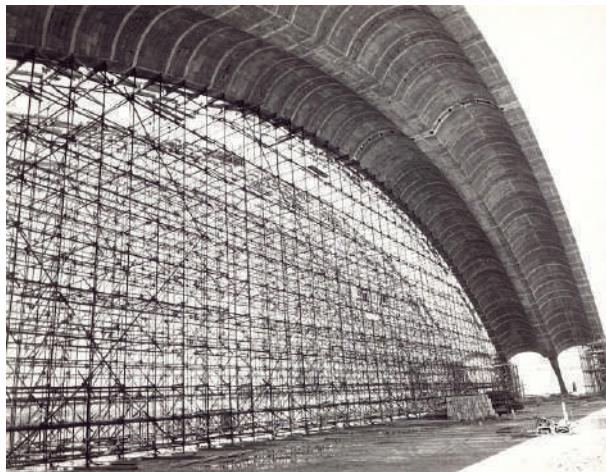


Fig. XI-8. As duas primeiras fatias montadas e os andaimes trasladados para montar as seguintes duas fatias da cobertura. (*-14).



Fig. XI-9. Antes da montagem estão prontos os contrafortes, as articulações e os cabeçalhos de espera da abóboda cerâmica. (*-13).

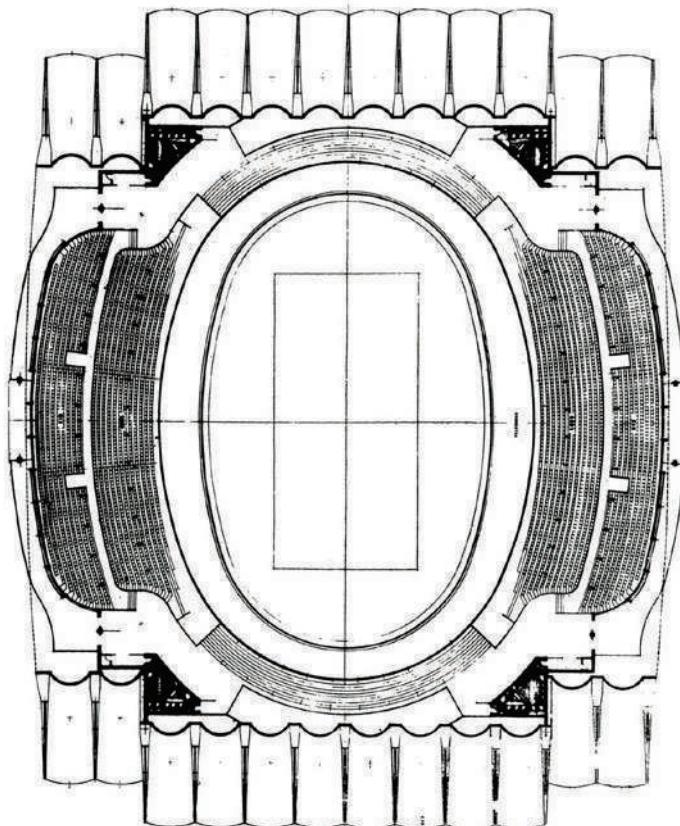
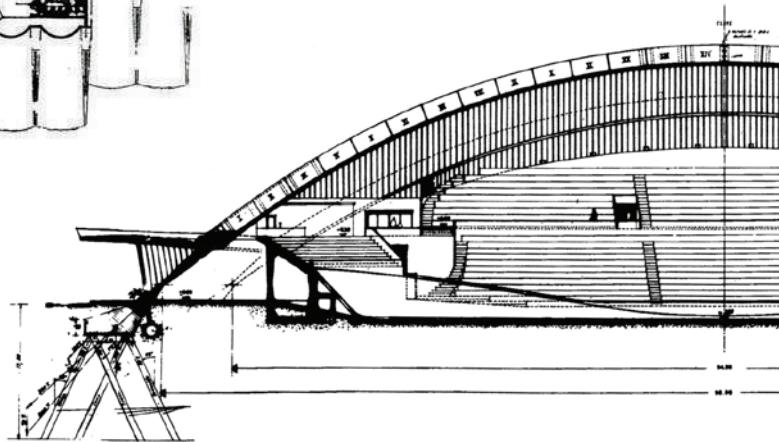


Fig. XI-10. Planta Baixa do conjunto segundo o projeto. (*-14).

Fig. XI-11. Seção longitudinal. Transmissão das resultantes ao terreno pelos pilotes a 25°, com 100 m. de vão. (*-14).



4º MONTAGEM COM GRUA

As aduelas-onda devem estar na área de abrangência da grua. São montadas da ponta de baixo para cima, a última é a denominada “aduela chave”, cuja borda é nervo de rigidez, dentado (Fig. XI-13). São montadas as aduelas de duas (2) em duas. Imediatamente montadas as duas, soldam-se entre si as armaduras laterais. (Fig. XI-19).

5º O CAPEAMENTO

Depois de montada cada dupla de fatias onda da cobertura, inicia-se o capeamento de 3 cm. de microconcreto com acabamento desempenado.

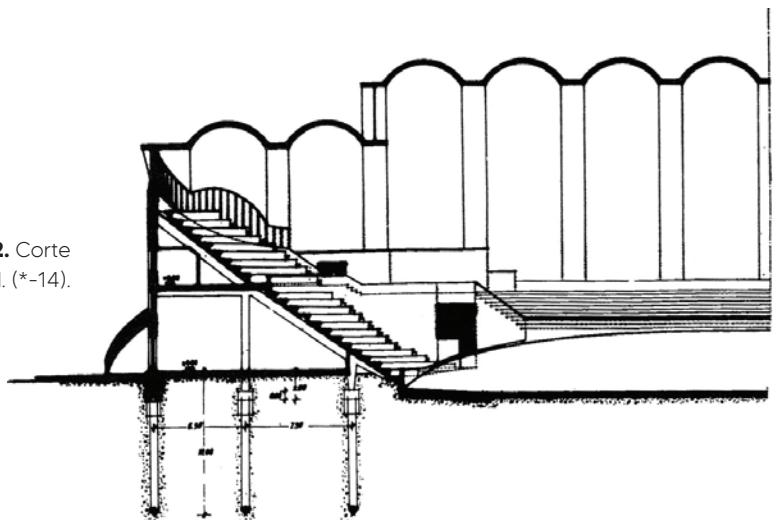


Fig. XI-12. Corte transversal. (*-14).

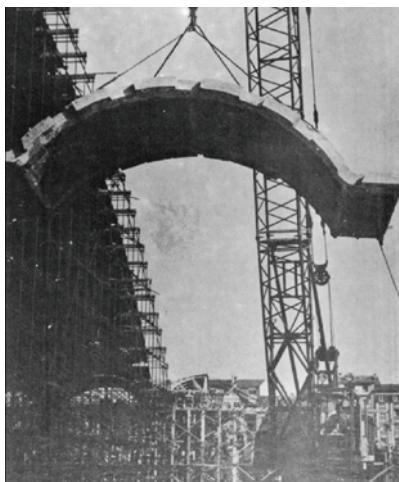


Fig. XI-13. A aduela-onda sendo montada pela grua foi segurada em 4 pontos. Neste caso, é a aduela chave com borda dentada. (*-14).

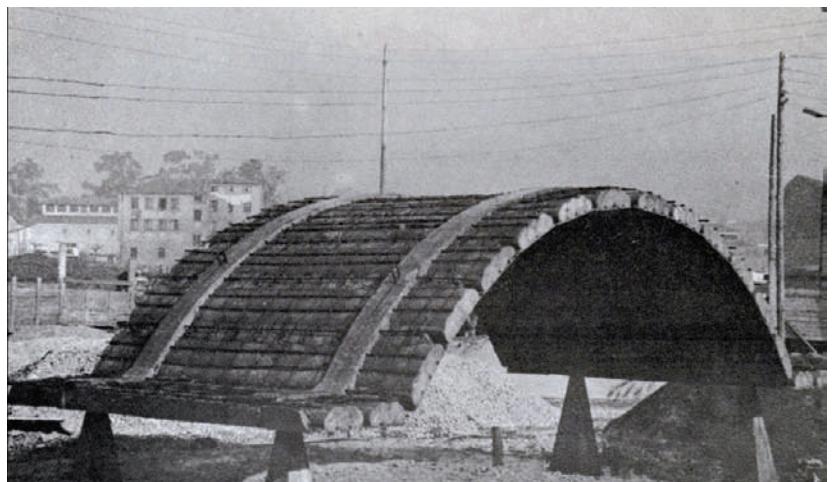


Fig. XI-14. Aduela-onda estocada esperando para ser montada pela grua. (*-14).



Fig. XI-15. Para fazer a montagem, primeiro deixam-se prontos e escorados os contrafortes, as articulações e os cabeçalhos que unem estes elementos. (*-13).



Fig. XI-16. Vista por dentro do cabeçalho de concreto que recebe a cobertura. (*-5).



Fig. XI-17. Vista interior da cobertura em cerâmica à vista, em primeiro plano a articulação. É um arco birotulado. (*-5).



Fig. XI-18. Vista do contrafrente e a articulação feita com 7 Ø de 60 mm. O vão na corda do arco entre duas articulações é de 96 m. e entre as bases dos contrafortes é de 100 m. (*-5).

2.4 - DETALHES DA ADUELA-ONDA

Cada aduela -onda com suas abas cobre uma superfície de 7 m. de largura por 3.00 m. de comprimento, é pré-moldada no canteiro de obra; tem uma flecha de 1.50 m., medida esta que vem para resolver a necessidade do momento de inércia da grande

onda (Fig. XI-19). Possui 2 (dois) nervos de rigidez de concreto que fazem com que a aduela-onda não tenha empuxos laterais e 4 ganchos colocados em posições estratégicas para que a grua levante a aduela e coloque no lugar indicado na cobertura (Fig. XI-19).

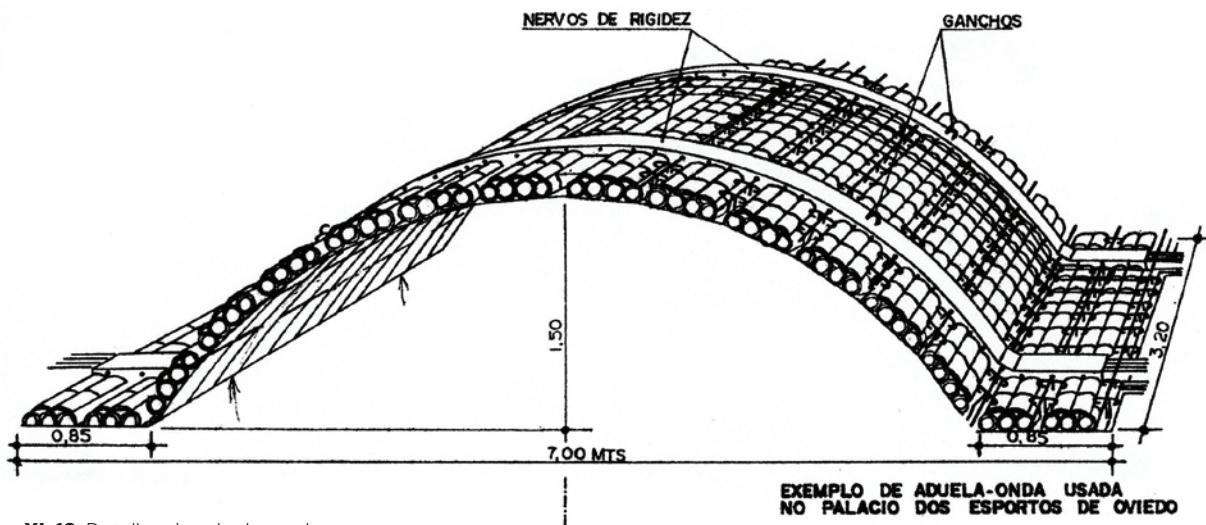


Fig. XI-19. Detalhe da aduela-onda pré-moldada: observam-se os nervos de rigidez, os ganchos de suspensão e as armaduras. Depois de colocadas na cobertura, as armaduras laterais se soldam na aduela contígua. (*-13, redesenrado por *-5).

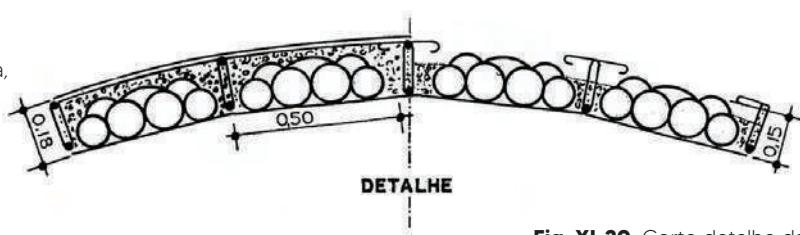


Fig. XI-20. Corte detalhe da onda. Observe as armaduras e a camada de 3 cm. de concreto. (*-13, redesenrado por *-5).

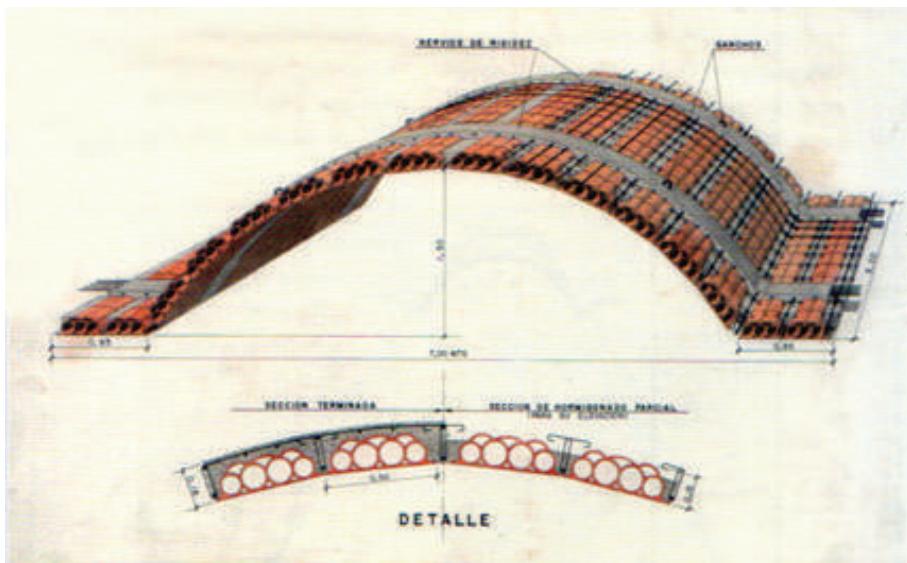


Fig. XI-21. Exemplo de aduela-onda para um vão (corda) de 100 m. (*-13).

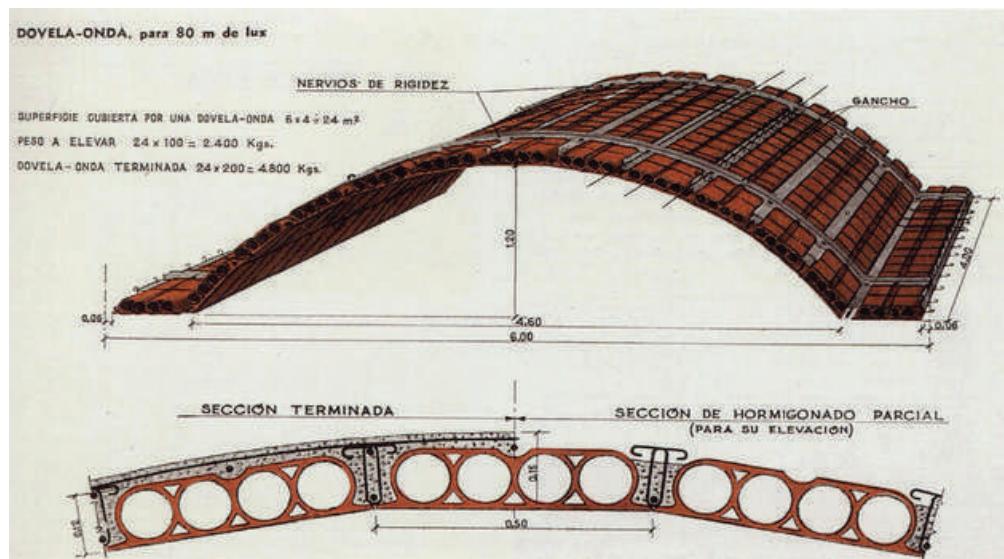


Fig. XI-22. Exemplo de aduela-onda para um vão (corda) de 80 m. (*-13).



Fig. XI-23. Vista interior da cobertura em construção. Em todo o conjunto, pode-se apreciar a magia da cerâmica à vista. (*-5).



Fig. XI-24. A mesma foto da figura anterior com a obra acabada. Foi feito um tratamento na cobertura que tirou o visual da cerâmica. (*-13).



Fig. XI-25. Vista geral do conjunto com a obra perto do final. (*-13).

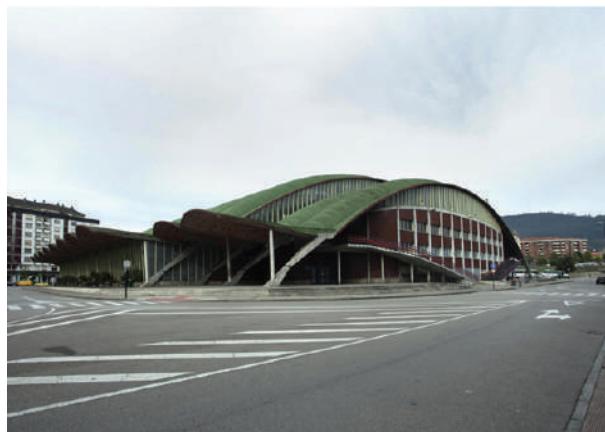


Fig. XI-26. A obra terminada, vista desde o estacionamento, observe o triângulo de concreto no contraforte. (*-13).

2.5 - OBSERVAÇÕES

Reflexionando a respeito do processo de pré-moldagem das aduelas-ondas, podemos dizer que, olhando os sistemas que este livro descreveu anteriormente para fazer abóbodas, as aduelas pré-moldadas poderiam ser feitas com outro processo. Digamos, por exemplo, o sistema do Eng. E. Dieste (cap. V), em formas deslocáveis ou outras que acrescentariam vantagens sem desvirtuar a ideia inicial com os nervos de rigidez.

Também observamos que este sistema se beneficiaria usando a curva *anticatenaria*, seja para a grande abóboda como para a aduela. Isto permite eliminar esforços extras pela não coincidência da parte física com a curva de transmissão dos esforços por peso próprio. A coordenação dos tempos da

pré-moldagem daria mais segurança e rapidez na desmoldagem.

Em outros exemplos, feitos com outros sistemas construtivos e com vãos menores (55 m.), não foi usado o cabeçalho de concreto que une os pilares ou os contrafortes à abóboda de cerâmica armada, digamos que fica essa dúvida.

Observando as imagens da abóboda durante a construção com a cerâmica vista por baixo e as imagens da obra terminada, sentimos que a obra perdeu parte de seu esplendor, ao ser coberta a cerâmica. Isso se resolveria prevendo detalhes no processo construtivo. Recomendamos a quem faça coberturas de cerâmica armada que deixe sempre à vista a cerâmica.

2.6 - COMENTÁRIOS FINAIS

Realmente, o Palácio dos Esportes de Oviedo, na Espanha, é uma obra singular no campo da cerâmica armada. Os seus méritos são muitos, principalmente porque foi concebida há mais de 55 anos, em 1961, quando o computador ainda não era usado nos projetos estruturais.

Trazer e explicar os sistemas construtivos de coberturas em cerâmica armada é o que se busca aqui. Nesta obra, podemos dizer que foi criado um novo sistema construtivo. Infelizmente, não temos exemplos de outras obras similares que possam aprimorar e corrigir o sistema inicial. Talvez, a partir de agora, empresas e profissionais da área se encorajem

frente aos benefícios do sistema. Este sistema de aduelas-ondas pré-moldadas tem excelentes vantagens quando se quer cobrir grandes vãos:

- Elimina as formas.
- Tem rapidez de construção para as dificuldades que apresenta.
- Faz-se com economia de mão-de-obra.
- Com a pré-moldagem se dá precisão aos componentes.
- Utiliza equipamento (grua) comum das obras de construção.

Logicamente, o respectivo sistema não pode ser usado por pequenas empresas.

3

PÓS-COMPRESSÃO SINGULAR

3.1 - DEPÓSITO DE PORTO

OBRA

Depósitos de porto (1989)

PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Arqts. A. Brizolara e J. M. Aroztegui

LOCALIZAÇÃO

Porto de Rio Grande - RS/Brasil

O exemplo é um depósito feito no porto de Rio Grande - RS/BR pelo Arq. A. Brizolara (projeto e construção). A ideia parte das “armaduras pós-tendidas retas, seja comprimida a cobertura em abóboda”. Na verdade, é um duplo arco de armaduras que passam por um ponto médio do conjunto espacial; nesse ponto, passa a resultante de todas as forças de pós-compressão aplicadas em cada armadura.

Ao fazer a abóboda com dupla curvatura na metade do vão, o vale da abóboda sobe e fica junto à resultante. Com isso, consegue-se provocar um contra-momento que anula o momento por flexão provocado pelas cargas. A cobertura funcionará toda em compressão. Vejamos:

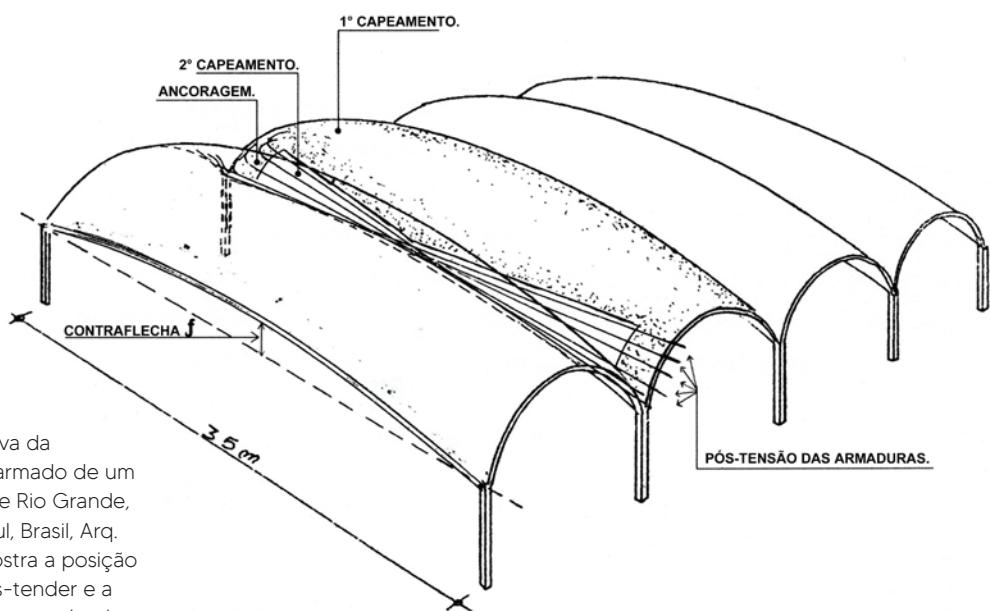


Fig. XI-27. Perspectiva da cobertura em tijolo armado de um depósito no Porto de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, Brasil. Arq. A. Brizolara, 1989. Mostra a posição das armaduras a pós-tender e a contraflecha da cobertura. (*-5).

Esta cobertura foi construída com o sistema construtivo de “pré-moldados lineares e cimbres guias (P. e C.)”. No processo construtivo, temos que fazer cambotas para as duas abóbodas de frente a fundo. Sendo assim, poderemos ter avanço lateral que dá rapidez à obra. A

contraflecha permite que o lugar no qual as armaduras se juntem ocorra no vale, na parte debaixo da abóboda, no centro do vão; enquanto a resultante da força de pós-tensão nos extremos, sobre o pilar, passe à altura da linha neutra (LN). Vejamos as figuras seguintes.



Fig. XI-28. Vista interna do depósito de vão de 35 m.. Avista-se a contraflecha pronunciada. (*-5).

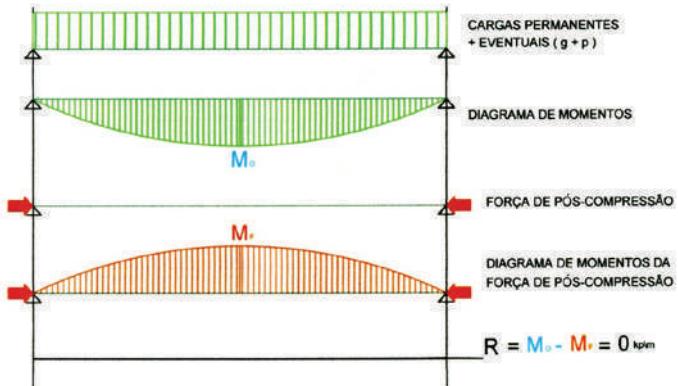
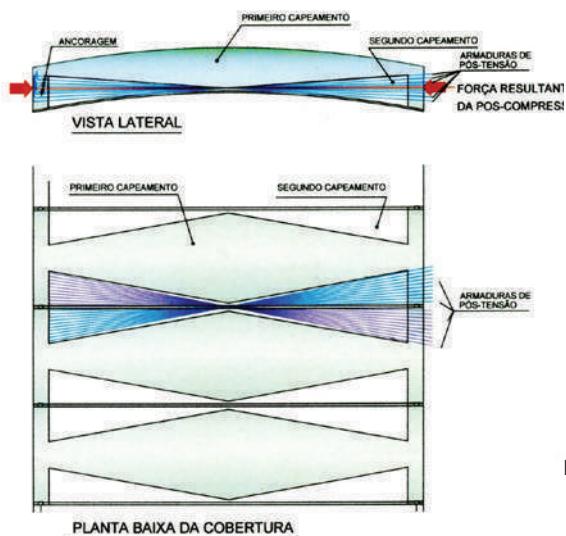


Fig. XI-29. Vistas laterais e superior. Diagrama de momento das cargas e diagrama de momento uma vez feita a pós-tensão (compressão). A resultante dos momentos é 0 (zero) em toda a extensão. (*-5).

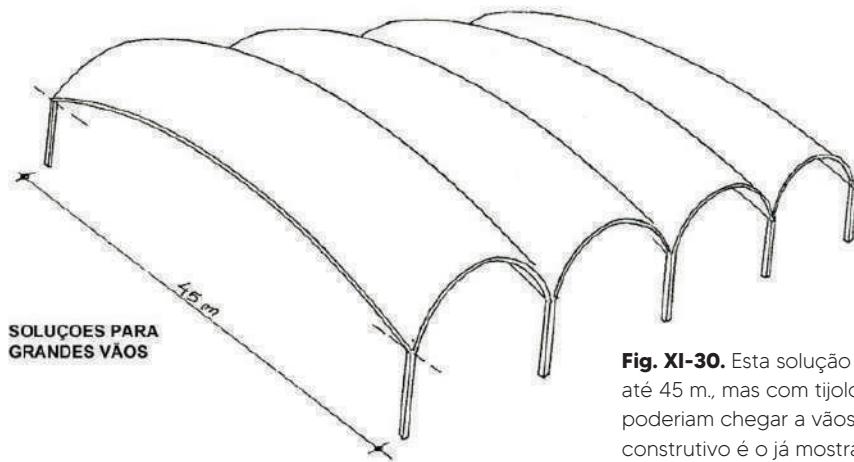


Fig. XI-30. Esta solução foi estudada para vãos até 45 m, mas com tijolos de maior resistência poderiam chegar a vãos maiores. O sistema construtivo é o já mostrado anteriormente. (*-5).



Fig. XI-31. Vista externa do conjunto. (*-5).



Fig. XI-32. A altura mínima do depósito é de 6 m.. A viga superior de coroamento em toda a volta serve também de tensor. (*-5).

4

CAIXA D'ÁGUA PÊNSIL EM TIJOLO ARMADO

OBRA

Caixa d'água de uma revendedora de automóveis (1978)

PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Arqts. José M. Aroztegui e Alberto Brizolara

COLABORADOR

Eng. Erminio Monzu

LOCALIZAÇÃO

Carazinho - RS/Brasil

Numa pequena cidade do interior do Estado do Rio Grande do Sul/BR, (60.000 hab.), Carazinho (1978), construiu-se uma obra para uma revenda de automóveis com muitas abóbodas (vide cap. III) e uma caixa d'água pênsil, em tijolo armado.

O projeto estrutural e a sequência da construção, ou seja, o comportamento estrutural, foram ideados pelos Arqts. José M. Aroztegui e Alberto Brizolara,

colaborando e dimensionando o Eng. argentino Erminio Monzú.

O mais interessante desta caixa d'água é que foi usada pouquíssima forma, já que o fundo é feito com pré-moldados de tijolo armado. Foram usados 4 parabolóides hiperbólicos como os da Fig. XI-34. As paredes laterais são duplas de tijolo armado, e toda a borda do conjunto é pênsil com cabos ao pilar central.



Fig. XI-33. A caixa d'água depois de pronta e em funcionamento. (*-5).

COM BORDAS RETAS

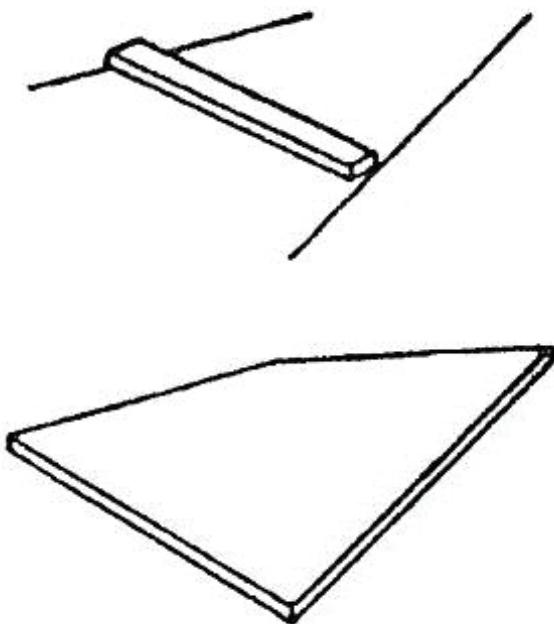


Fig. XI-34. 4 paraboloides hiperbólicos. (*-5).

4.1 - ETAPAS DA CONSTRUÇÃO

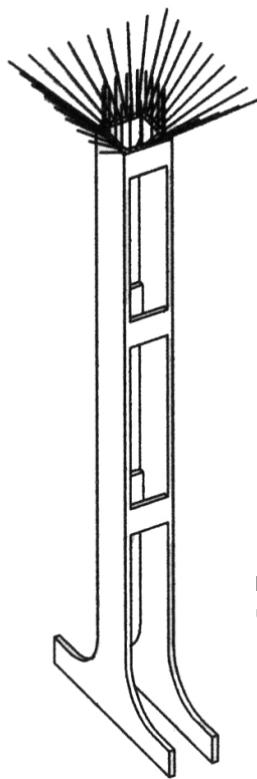


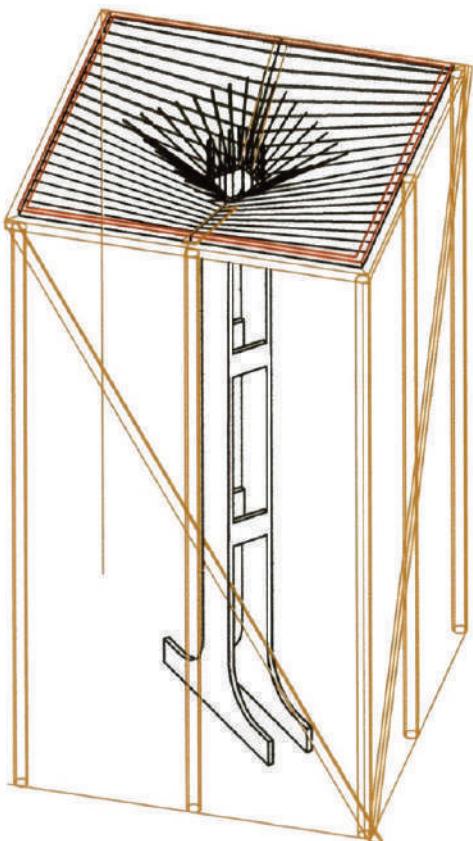
Fig. XI-35. Pilar único. (*-5).

A) PILAR CENTRAL

O primeiro a ser feito foi o pilar central até a altura do fundo da caixa d'água.

Deste pilar, pendurar-se-á o reservatório. Este pilar foi dimensionado para ventos de 250 km/h, é um pilar oco, pelo qual subirá o operário a fim de acessar o reservatório para limpar ou fazer reparações.

É preciso deixar esperas verticais para continuar o pilar e também deixar esperas inclinadas para ligar com a camada de concreto que se põe em cima dos pré-moldados, no fundo da caixa d'água.



B) ESCORAMENTO E COLOCAÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS DE TIJOLO ARMADO

Colocam-se tábuas escoradas de 15 cm. X 1" a 1 m. acima do topo do pilar, formando um quadrado com detalhes para o acabamento final. O escoramento é em nível horizontal; esse quadrado de 5 m. de lado se posiciona em diagonal com o quadrado do pilar.

É necessário colocar uma tábua inclinada de 10 cm. escorada na metade do fundo da caixa d'água para apoiar as pontas dos pré-moldados. Como os vistos na Fig. XI-36, pré-moldados de tijolo armado cumprem, além de formas, uma função estrutural importante junto à camada de concreto armado.

Embora os desenhos sejam esquemáticos, é importante observar o pouco uso da madeira para a forma e a singeleza, necessitando pouca mão de obra (Fig. XI-36).

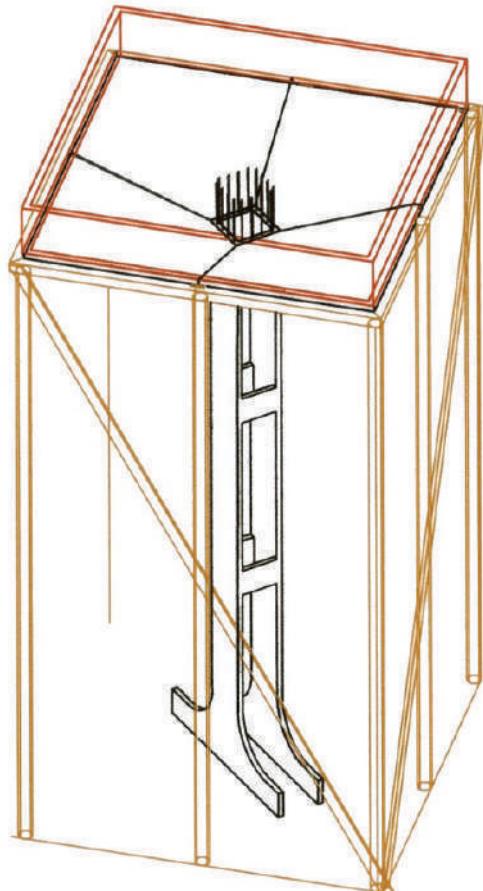
Fig. XI-36. Escoramento, a quantidade das escoras depende das dimensões. (*-5).

C) CONCRETO SOBRE O PRÉ-MOLDADO E O PRIMEIRO MURO NA VOLTA

Os muros das paredes da caixa d'água que formam um quadrado são duplos, feitos com duas paredes de meio tijolo ou uma de meio e outra de espelho. Feito o passo b), procede-se a pôr uma malha de aço sobre os pré-moldados e concretar uma camada de 5 cm., e logo se ergue o muro do lado interior de meio tijolo em volta, fazendo, assim, uma das paredes da caixa d'água.

Inseridos no meio destas paredes, a modo de espera, deixam-se as armaduras que ancorar-se-ão na cabeça do pilar central. O nível da água será o nível do topo desta parede.

Fig. XI-37. Fundo já concretado e 1 m. da parede levantada. (*-5).



D) COMPLETAR O PILAR, FAZER O SEGUNDO MURO EM VOLTA E ANCORAR ARMADURAS

Nesta etapa, completa-se a parte superior do pilar central (Fig. XI-38a.). A sua cabeça se faz maciça, onde se ancoram as armaduras radiais que vêm do muro duplo armado periférico (Fig. XI-38b.). Nesta ancoragem, procura-se fazer com que as armaduras

estejam o mais esticadas possível antes de fazer a esticada final.

Mostra-se, em duas figuras, embora seja operação conjunta, para observar melhor a parte superior do pilar por onde sai o operário para limpar a caixa d'água.

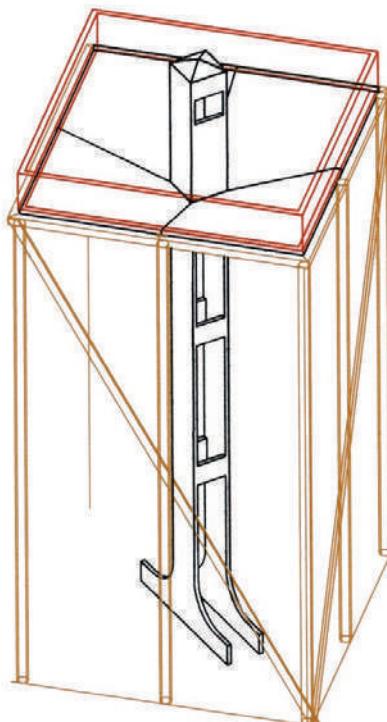


Fig. XI-38a.
(*-5)

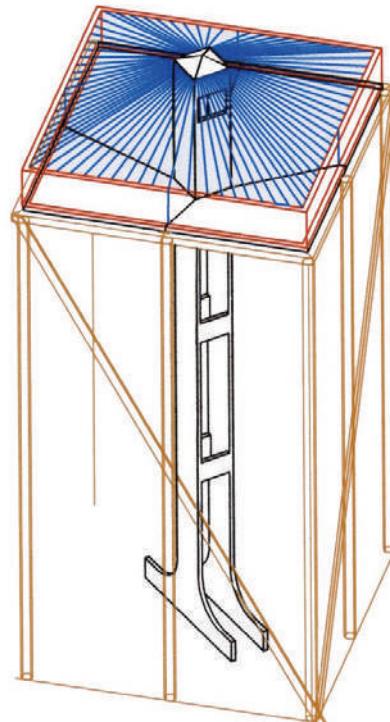


Fig. XI-38b
(*-5)

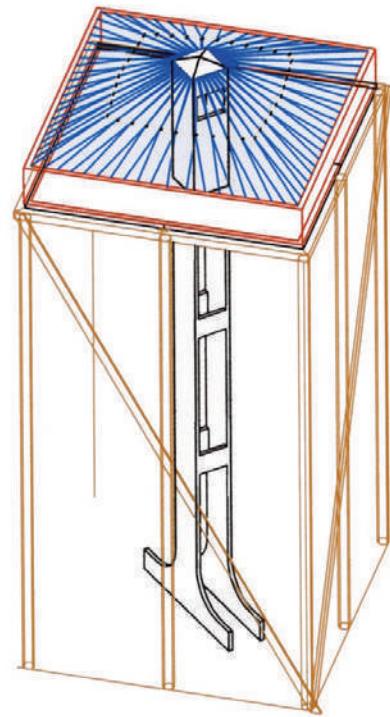


Fig. XI-39.
(*-5)

E) PÓS-TENSADO COM ANÉIS

Depois de 10 dias completos da realização da etapa anterior, verificamos se tudo está firme sem o escoramento.

Em seguida, com duas meias-luas de Ø 10 mm., tomamos duas (2) armaduras radiais e bem ajustadas, soldamos no lugar as duas meias-luas formando um anel (Fig. XI-41). Faz-se isso em todas as duplas de armaduras radiais, com o devido cuidado para não afetar com calor as armaduras radiais.

Na sequência, baixamos os anéis, cuidando para ir devagar e compensando os lados opostos da caixa d'água. Quando observamos que o escoramento perimetral começa a se soltar, tiramos todo o escoramento (Fig. XI-39).

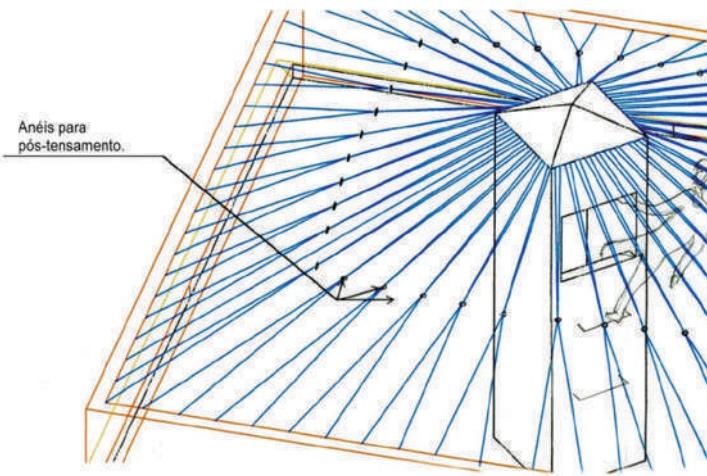


Fig. XI-40. Detalhe do conjunto das armaduras e seu pós-tensamento com os anéis. As armaduras estão ancoradas na cabeça do pilar de concreto e na parede de cerâmica armada. (*-5).

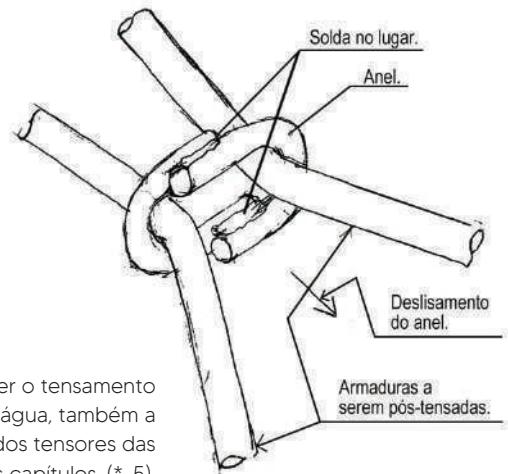


Fig. XI-41. Detalhe do anel para fazer o tensamento das armaduras da caixa d'água, também a solução para o tensamento dos tensores das abóbodas vistas em outros capítulos. (*-5).

F) FECHANDO A CAIXA. ARGAMASSA ARMADA

Para finalizar a obra, depois de retiradas as escoras, fechamos por cima com argamassa armada. Foi necessário colocar primeiro armaduras finas de repartição, atravessadas as armaduras pós-tendidas. Por cima de todas as armaduras, colocou-se tela de estuque em franjas de 60 cm., começando junto ao muro e sempre buscando a volta. Depois de cada franja de 60 cm., carrega-se por baixo e por cima a tela

com argamassa de areia e cimento (3x1), e o mesmo operário emparelha por baixo e por cima. Feita esta operação em toda a superfície de argamassa armada, após 3 dias, dá-se uma rebocada similar por cima, fazendo perfeita desempenada. A impermeabilização flexível por dentro e por fora é a última operação. Na cobertura, o normal é usar produtos do mercado que se chamam de “manta líquida” branca.



Fig. XI-42.
Vista lateral da caixa d'água, observa-se sua cobertura branca em pirâmide feita com argamassa armada. (*-5).



Fig. XI-43.
Detalhe do pilar oco, dos 4 parabolóides hiperbólicos e dos pré-moldados. (*-5).



Para este tipo de caixa d'água, o pilar poderá ter diversos tipos de formatos, principalmente quando se faz em tijolo armado.

Fig. XI-44. Vista do conjunto, isto é, a caixa d'água e a revendedora de automóveis com cobertura em abóboda de tijolo armado. (*-5).

5

COBERTURA DE TIJOLO ARMADO EM TRONCO DE PIRÂMIDE

5.1 - FÁBRICA

OBRA

Fábrica de sabonetes “Memphis” e fábrica de plástico “Sulplantic Ltda.” (1977)

PROJETO ARQUITETÔNICO
Arq. Claudio Luís Araújo

**PROJETO ESTRUTURAL
E CONSTRUTIVO**
Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO
Porto Alegre – RS/Brasil



Fig. XI-45. Fábrica Memphis, vista externa com a cobertura em tronco de pirâmide. (*-5).

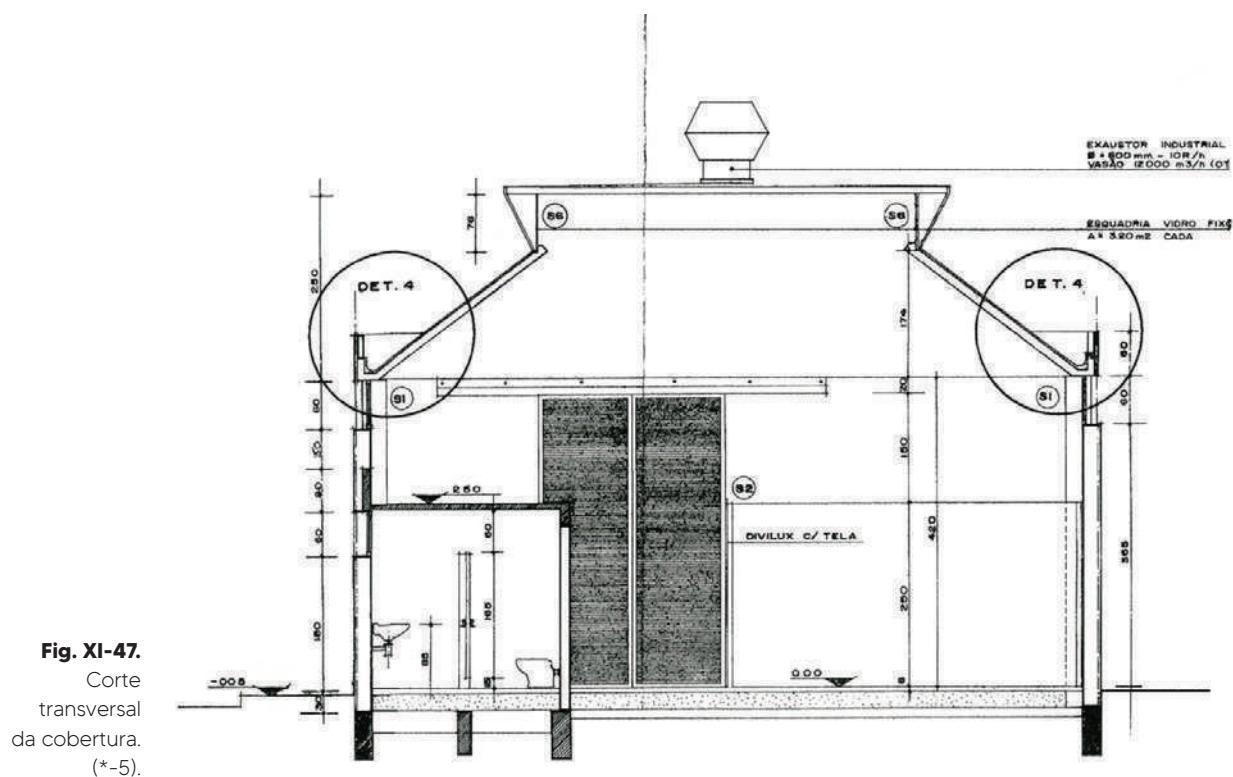
Nesta fábrica, o projeto arquitetônico é feito em base a quadrados de 10 m. x 10 m. em planta baixa, sobre os quais vai uma cobertura em tronco de pirâmide com iluminação e ventilação mecânica por exaustor.

Estando o projeto finalizado, abriu-se uma concorrência a fim de selecionar a empresa que iria construir a cobertura. A grande vencedora foi

a proposta com o nosso sistema construtivo, ou seja, com pré-moldados de tijolo e guias – neste caso retas. Houve propostas com forma total, sendo que algumas faziam formas por partes padrões que se reaproveitavam. O elemento fundamental que influiu na decisão da proposta ganhadora foi o tempo de obra para fazer a cobertura, o sistema com pré-moldados diminuía o tempo em quase a metade.



Fig. XI-46. Fábrica Memphis vista externa com a cobertura em tronco de pirâmide. (*-5).



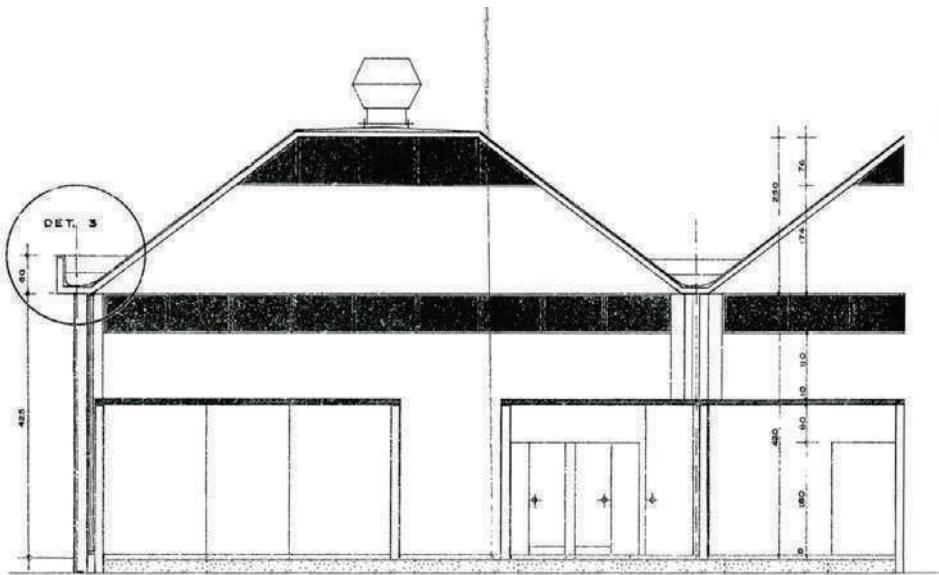


Fig. XI-48. Corte longitudinal da cobertura. (*-5).

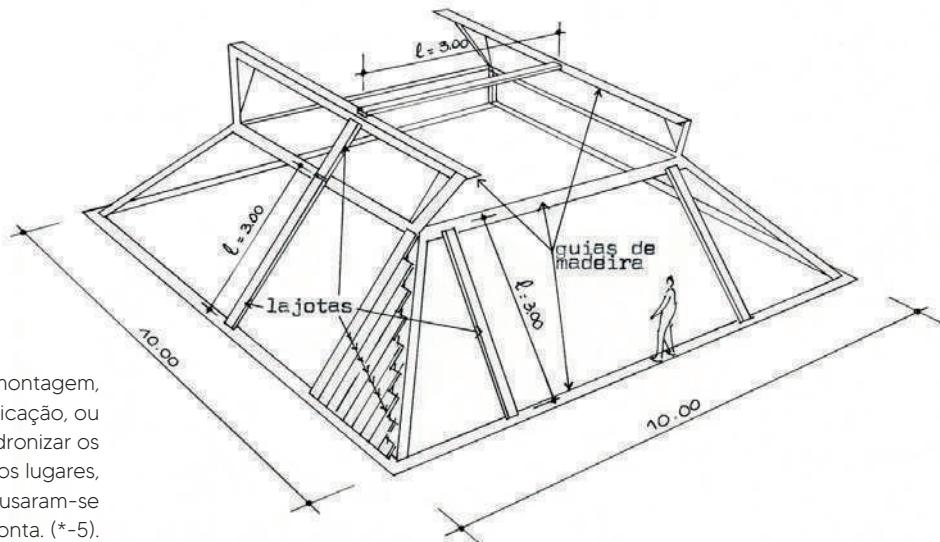


Fig. XI-49. No esquema de montagem, fez-se uma pequena modificação, ou ajuste das dimensões para padronizar os pré-moldados a 3 m.. Em certos lugares, principalmente nos cantos, usaram-se pré-moldados recortados na ponta. (*-5).

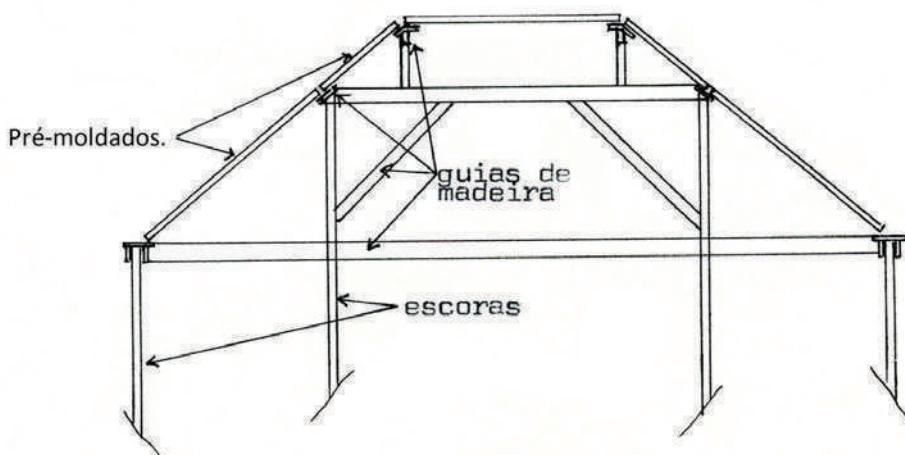


Fig. XI-50. Corte esquemático da posição do escoramento e das tábuas para apoio dos pré-moldados. (*-5).



Fig. XI-51. Vista interior, observe que o tijolo é especial para ter pré-moldados de 3 m.. (*-5).



Fig. XI-52. A cobertura já foi completada com os pré-moldados e já colocadas as armaduras e, agora, estão pondo 3 cm. de concreto. (*-5).



Fig. XI-53. Vista dos vales laterais, todos estão revestidos de tijolo. Os eletrodutos estão à vista. (*-5).



Fig. XI-54. A fábrica Memphis em funcionamento. (*-5).



Fig. XI-55. Vista lateral da Sulplastic, na etapa de impermeabilização da cobertura com tinta embrorrhachada. (*-5).

6

CÚPULAS COM BASE QUADRADA

6.1 - MERCADO

OBRA

Mini Mercado (1978)

PROJETO ESTRUTURAL

Arq. Alberto Brizolara

COLABORADOR

Eng. Erminio Monzu

LOCALIZAÇÃO

Porto Alegre - RS/Brasil

Este formato foi usado num pequeno centro de vendas, não se fechou a cúpula em cima para dar uma iluminação zenital. Constrói-se com tijolo maciço ou de 2 furos, o formato se dá com costelas curvas de madeira nas diagonais e barbantes. Ao ser necessário pelas suas dimensões, põem-se costelas curvas intermédias. Quando é quadrada, a cúpula se chama “Recanto de Claustro”; quando é retangular, a cúpula se chama “de Espelho”, (Fig. X-56 e X-57).

6.2 - CÚPULAS COMPOSTAS

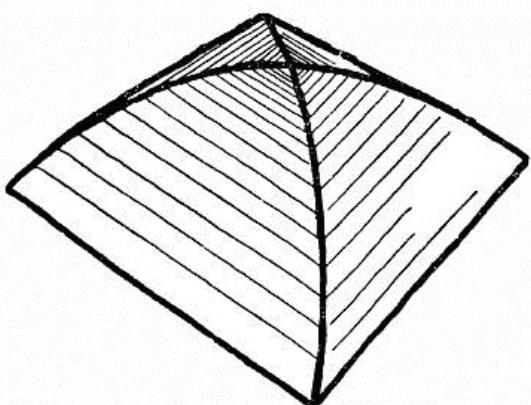


Fig. XI-56. Cúpula recanto de claustro. Base quadrada. (*-5).

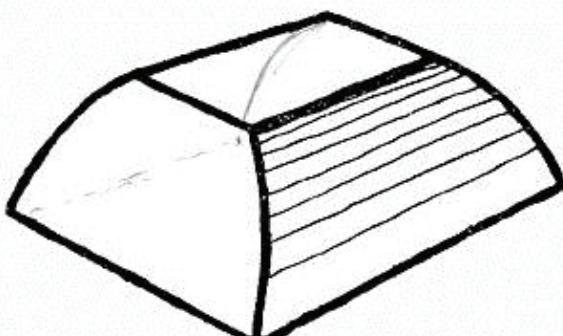


Fig. XI-57. Cúpula de espelho. Base retangular. (*-5).



Fig. XI-58. Cúpula autoportante em “recanto de claustro”, com lanternim superior. (*-5).



Fig. XI-59. Vista externa. Operário fazendo a impermeabilização. (*-5).



Fig. XI-60. Entrepiso feito com uma cúpula de pedra de base quadrada. Foto tirada na parte histórica da pequena cidade medieval Assisi, na Toscana, Itália. Em cima havia outro pavimento habitado. (*-5).

6.3 - CÚPULA DE PEDRA, MEDIEVAL, COM BASE QUADRADA

A cúpula mostrada na foto deve ter aproximadamente 700 anos. Numa época em que não se conhecia o concreto nem as vigas de ferro, as únicas armaduras que havia eram a dos cavaleiros para o combate. Era muito difícil fazer construções com vários andares. O espaço amuralhado para a cidade,

com o passar do tempo resultava pequeno, não havia outra solução que subir fazendo andares. Os andares exigem entrepisos, para fazê-los havia que recorrer a formatos que transformassem os esforços de “momentos” em esforço de compressão, para os quais se usavam arcos, abóbadas e cúpulas.

7

CASAS COM COBERTURA EM PONTA DE DIAMANTE

7.1 - CASAS

OBRA

Protótipo para casa popular

AUTOR

Empresa proponente

LOCALIZAÇÃO

Concurso em São Paulo – Brasil



Fig. XI-61. Casa popular com telhado em ponta de diamante em tijolo armado protótipo do concurso. Os beirais se parecem aos antigos “beirais de cachorro”. (*-5).

Na década dos anos 1970, existia no Brasil o Banco Nacional da Habitação (BNH). A propósito do plano para construir milhares de casas populares, este banco fez um chamado para que as empresas

fizessem propostas. Cada empresa postulante apresentou sua solução, sendo que uma delas propôs uma casa toda de tijolo à vista com cobertura em ponta de diamante. Vejamos as ilustrações.



Fig. XI-62. Junto a outros protótipos de casas populares apresentado por outras empresas. (*-5).



Fig. XI-63. Vista interior ao centro superior do cômodo, degraus com avanços de meio tijolo. (*-5).



Fig. XI-64. Um cômodo ocupa dois espaços, uma viga de meio tijolo; suas armaduras estão na junta mais baixa da viga. Esses forros-pirâmides chegam direto na parede. (*-5).



Fig. XI-65. Com pequenas saliências dos tijolos se faz uma beira com desenho que lembra as antigas, e que muda o cimento do telhado, dando um balanço protetor das águas da chuva na parede. (*-5).

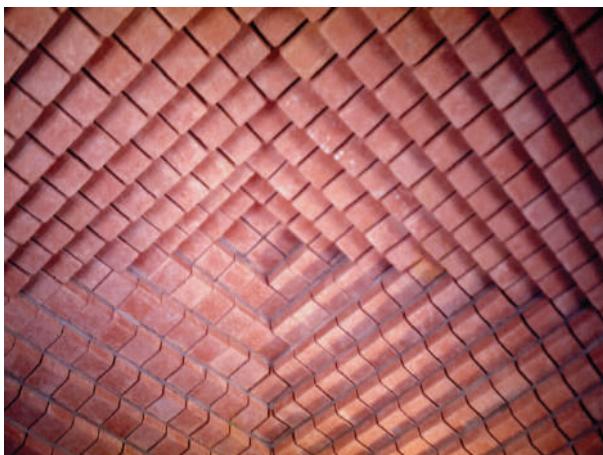


Fig. XI-66. As paredes têm de fazer um quadrado ou um retângulo perfeito. Antes de iniciar a pirâmide do telhado, temos de marcar exatamente a posição dos tijolos da primeira fiada. Há telhados onde se deixa o quadrado ou retângulo central sem fechar para fazer uma iluminação zenital. (*-5).

As paredes externas desta casa protótipo são duplas: por dentro meio tijolo, por fora tijolo de espelho. Quando for necessário, reforça-se a parede com armadura no lugar indicado. No topo das paredes externas e internas, entre as duas, põem-se armaduras contínuas para reforçar e fazer o efeito de cinta geral. As aberturas são colocadas com uma primeira demão de pintura, posicionadas à medida que vão sendo feitas as paredes. Não há, praticamente, corte de tijolo; não tem reboco, se quiser só tem pintura. As instalações põem-se entre as duas paredes. É muito econômica.

A montagem do telhado se faz avançando exatamente meio tijolo sobre o que está embaixo. Antes de começar a cobertura, por baixo, com 4 tábuas de 1" x 15 cm. colocadas de canto na diagonal, faz-se a

pirâmide com a inclinação que, na realidade, indica a posição do meio tijolo sobre o outro, mais a junta, normalmente mais costelas de 1" x 15 cm. são postas em posições intermédias.

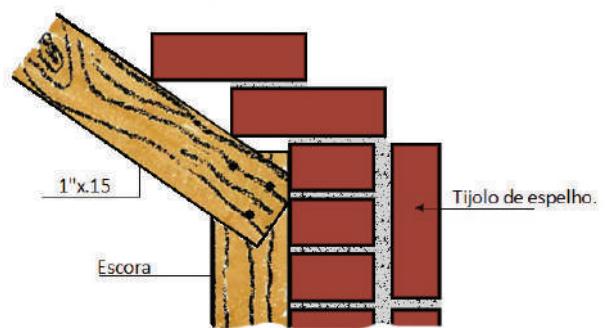


Fig. XI-67. Montagem da cobertura. (*-5).

7.2 – EXEMPLO DE CASA EM BALNEÁRIO

OBRA

Casa de férias

AUTOR

Empresa
proponente

LOCALIZAÇÃO

Lago Mirim –
Cerro Largo/
Uruguai



Fig. XI-68. Vista desde o jardim de acesso à casa.
As pirâmides são avistadas deste ângulo. (*-5).



Fig. XI-69. Viga e laje de tijolo
para acertar os espaços com as
dimensões da pirâmide. (*-5).

Esta casa está no balneário do Lago Mirim do lado uruguai. O ideal destas casas, olhando os aspectos construtivos, é que sua planta baixa seja formada de quadrados iguais e, se quiser habitação maior, deve abranger dois quadrados como os do

exemplo anterior (Fig. XI-66). Quando precisamos de uma habitação de tamanho intermédio, fazemos uma laje de tijolo armado à vista (Fig. XI-69), ou fazemos um retângulo em pirâmide, e o centro da pirâmide também será um retângulo.



Fig. XI-70. Casa rústica toda de tijolo à
vista; neste caso, a viga é de tijolo. (*-5).



Fig. XI-71. Conjunto das pirâmides
da cobertura. (*-5).

CASAS ECONÔMICAS

OBRA

Projeto de casa econômica com abóboda

AUTORES

Arq. Alberto Brizolara
e Jose M. Aroztegui

LOCALIZAÇÃO

Indeterminada

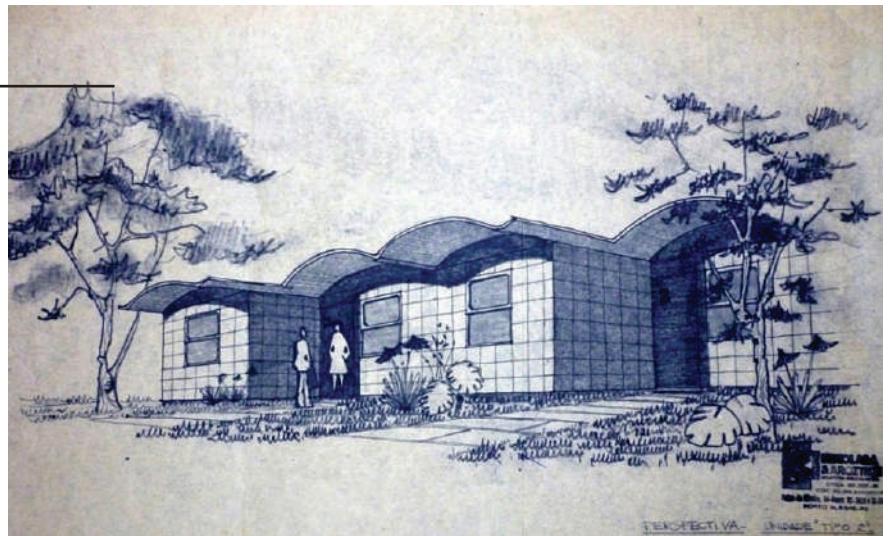


Fig. XI-72. Casa popular feita com bloco cerâmico de $0.30 \times 0.30 \times 0.15$ m. (*-5).

Pensando em economia, faz-se mister pensar em tijolo e bloco cerâmico, porque a cerâmica é um material que, dadas as suas virtudes e seu preço,

resulta em uma construção altamente econômica. Nas tipologias mostradas, o telhado é sempre de tijolo armado e as aberturas em concreto.

8.1 - CASA COM ABÓBODA E BLOCOS CERÂMICOS

Esta casa econômica está feita com os blocos cerâmicos multiplex de $0.30 \times 0.30 \times 0.15$ m.. As janelas com marco e parte fixa de concreto e as portas internas só com marco de concreto para apôs

serem colocadas às folhas. A cobertura é feita com abóbodas de tijolo armado, com capeamento superior de 2.5 cm.. As paredes internas e externas não levam reboco. É uma casa super econômica.

8.2 - CASAS COM TELHADO PRÉ-MOLDADO A DUAS ÁGUAS

Estas casas populares são feitas todas de tijolo. As paredes são de meio tijolo artesanal (de campo) e a cobertura é feita com pré-moldados de tijolo. As paredes, assentes com argamassa normal e somente se usa cimento quando leva armaduras para formar

cintas ou taipas sobre as aberturas. Por dentro, a parede é rebocada e, por fora, é tijolo à vista pintado. As aberturas têm o marco e a parte fixa de concreto. Os pré-moldados para o telhado e a montagem do telhado estão explicados no Cap. VII desta publicação.



Fig. XI-73. Cobertura com pré-moldado de tijolo mais 2.5 cm. de argamassa e pintura. (*-5).



Fig. XI-74. Pátio com pergolado e coluna de tijolo armado. (*-5).



Fig. XI-75. Esta casinha não é das mais econômicas, seu telhado numa parte é autoportante e em outra parte está apoiado sobre as paredes. Observe que tem uma viga tensor e os pilares são de tijolo armado. (*-5).



Fig. XI-76. As colunas são de tijolo armado, além da cobertura e da caixa d'água. (*-5).

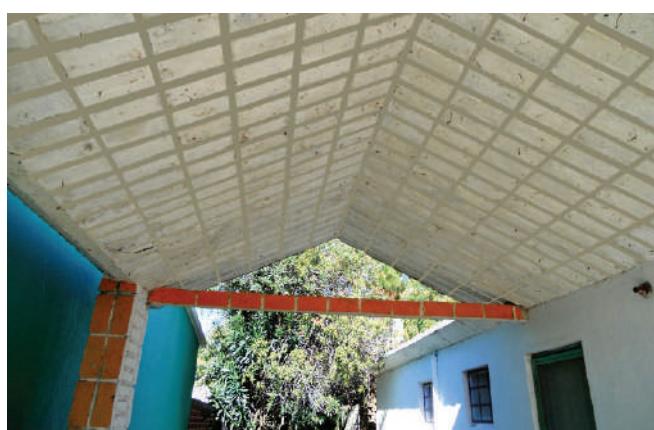


Fig. XI-77. A viga tensor é de tijolo armado para evitar a separação das duas águas. (*-5).

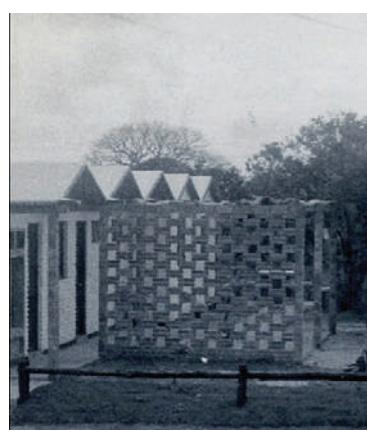


Fig. XI-78. Casa com cobertura apoiada nas paredes, todos os demais elementos são de tijolo armado. (*-5).

9

OS DIMENSIONAMENTOS

No Cap. II, são dadas indicações para um anteprojeto de abóbodas. Abordaremos com maior precisão o dimensionamento de abóbodas autoportantes. Fala-se da dimensão da (f) flecha do arco da abóboda, o que permite ao arquiteto que esteja fazendo o projeto, andar por caminhos seguros. Podemos dizer que a flecha (f) é a altura chamada (H) da nossa viga, cujo perfil são “asas de gaivota”.

Ao projetarmos igrejas, grandes depósitos, hangares, etc., a flecha (f) está dada no projeto pela necessidade funcional ou estética. Normalmente, são casos em que os apoios laterais são contínuos ou estão muito perto.

Como o perfil da abóboda, tem que ser uma curva *anticatenaria*, iniciamos o dimensionamento determinando com exatidão, a conhecida “catenária”

9.1 - DETERMINANDO UMA CATENÁRIA

O primeiro que devemos ter com precisão é a curva catenária, pois, a partir dela, construiremos as nossas cambotas. Nossa projeto estabelece ou propõe duas dimensões básicas: a corda da abóboda (l) e a flecha (f). No caso, tomaremos o

projeto da igreja Nossa Senhora de Lourdes, feita em Florianópolis - SC/Brasil. Temos dois métodos para determinar a catenária; um método prático, direto, e um segundo método matemático.

Corda $l = 18$ m. | Flecha $f = 5.20$ m.

9.1.1 - 1º Método prático

Precisamos ter um muro liso, branco de 3 a 5 m. de comprimento por 2 a 3 m. de altura. Nesse muro, precisa caber toda a curva ou a curva numa escala para que caiba no muro.

Seguimos os seguintes passos:

- 1 – Fazemos no muro uma reta horizontal com o comprimento da corda da catenária (abóboda).
- 2 – Fixam-se nos extremos da reta desenhada dois parafusos salientes com bucha (um em cada ponta).

3 – Na metade da reta horizontal desenhada, com o prumo, baixamos uma reta de comprimento igual à flecha da abóboda.

4 – Pegamos uma corrente de elos pequenos, enfiamos a ponta no primeiro parafuso e logo no segundo parafuso da reta horizontal, fazendo que a barriga da corrente passe pelo ponto debaixo da reta do meio.

5 – Partindo do meio, cada 1 m., ou cada 50 cm., ou cada 25 cm., medimos na vertical a distância entre a reta horizontal e o eixo da corrente.

Estas são dimensões para fazer as cambotas, formas, etc.. Com elas, partimos para desenhar as abóbodas na escala que nos convenha. Lembre-se de que precisamos virar nosso desenho, porque as nossas abóbodas estão de pernas para cima. Ainda, neste 2º método prático podemos ter as dimensões da catenária (abóboda) de uma forma mais caseira,

dentro do escritório de arquitetura. Tendo a lâmina de madeira compensada de aprox.. 1 m. x 1 m., com um papel milimetrado do mesmo tamanho, e uma correntinha similar às usadas para pendurar o escapulário, pode-se fazer na escala conveniente o mesmo que fizemos no muro. O papel milimetrado deve ter linhas em perfeita horizontalidade.

9.1.2 - 2º Método matemático para determinar a catenária

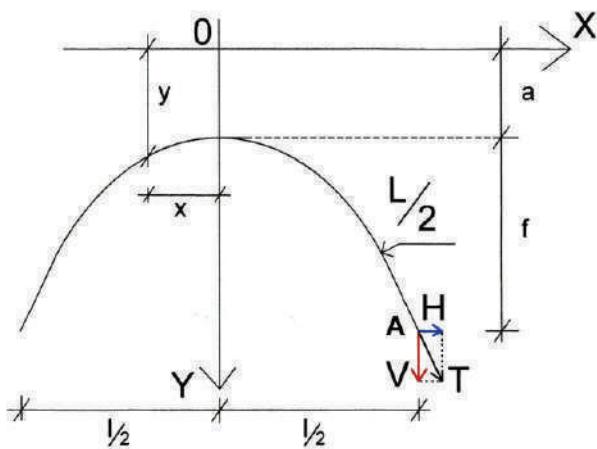
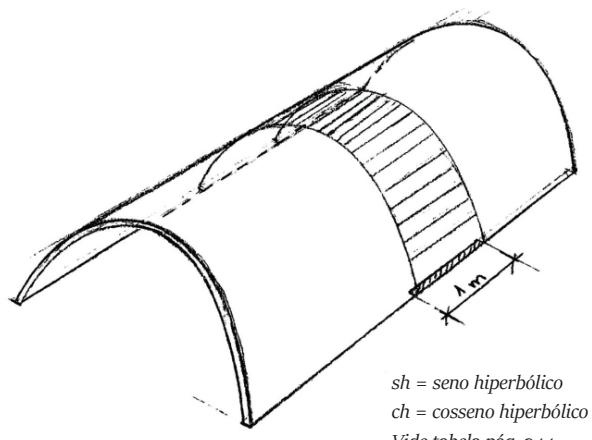


Fig. XI-79. (*-5).



*sh = seno hiperbólico
ch = cosseno hiperbólico
Vide tabela pág. 344*

Fig. XI-80. (*-5).

9.1.3 - Equações da catenária

a = Distância da diretriz é uma constante para cada catenária.

1) $y = a \cdot ch \frac{x}{a}$ Expressão que dá às diversas ordenadas "y" da catenária segundo a abcissa "x".

2) $\frac{l}{2} = a \cdot sh \frac{l}{2a}$ Obtém-se o semi comprimento da catenária em função da corda.

q = Peso próprio + sobrecarga uniforme na abóboda.

3) $T = q \cdot (a+f)$ Força tangencial por unidade de distância (m) no extremo da catenária (abóboda).

4) $H = q \cdot a$ Força horizontal/m – Empuxo unitário da abóboda.

5) $V = q \frac{l}{2}$ Descarga vertical resultante na borda da abóboda.

6) $f = \frac{ch \frac{l}{2a} - 1}{\frac{l}{2a}} x \frac{l}{2}$ Nos da flecha "f" em função da distância à diretriz e a corda "l". ∴

$$7) \frac{f}{l} = \frac{ch \frac{l}{2a} - 1}{\frac{l}{2a}}$$

8) $T_o = q \cdot y$ Força tangencial unitária em qualquer ponto da abóboda em função da ordenada do ponto.

9.1.4 – Determinação dos valores

Partimos do anúncio anteriormente, o projeto da igreja N.S. de Lourdes em Florianópolis – SC com:

- Corda “ l ” = 18 m.
- Flecha “ f ” 5.20 m.

Quando é uma catenária (abóboda) muito grande e precisa ser usada, portanto, escalas pequenas, é obrigatório definir a catenária pelo caminho matemático. Usaremos as equações acima vistas e as tabelas (ábacos) adjuntas.

1º - COMEÇAREMOS PELA DETERMINAÇÃO DE a - DISTÂNCIA DA DIRETRIZ

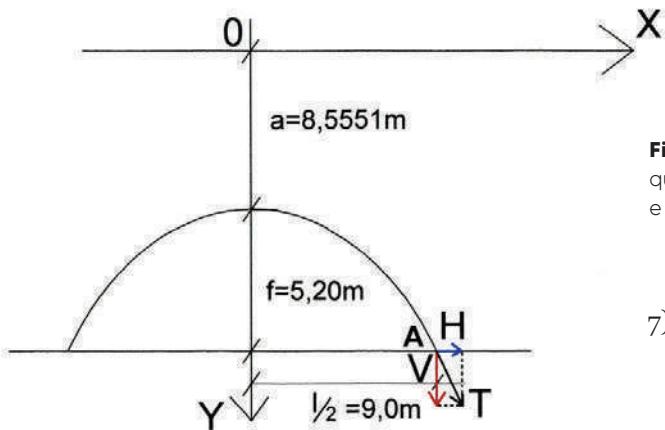


Fig. XI-81. Usamos a expressão (7) que relaciona a flecha (f), corda (l) e distância à diretriz (a). (*-5).

$$7) \quad \frac{f}{\frac{l}{2}} = \frac{\operatorname{ch} \frac{l}{2a} - 1}{\frac{l}{2a}}$$

Dados

$$f = 5,20 \text{ m.}$$

$$\frac{l}{2} = 9,00 \text{ m.}$$

Chamando

$$\frac{l}{2a} = \frac{\frac{l}{2}}{a} = \theta \quad \therefore \quad \frac{f}{\frac{l}{2}} = \frac{\operatorname{ch} \theta - 1}{\theta}$$

$$\frac{\operatorname{ch} \theta - 1}{\theta} = \frac{5,20}{9,00} = 0,5777 \text{ m}$$

Vemos a tabela que fornece seno e cosseno hiperbólico e a relação $\frac{\operatorname{ch} \theta - 1}{\theta}$. Entramos com 0,5777 e tiramos o valor de θ (interpolando).

$$\theta = 1,052 = \frac{\frac{l}{2}}{a} \quad \therefore a = \frac{9,00}{1,052} = 8,5551 \text{ m}$$

$a = 8,5551 \text{ m}$

2º - FAZER A VERIFICAÇÃO DO VALOR DE A UTILIZANDO A EXPRESSÃO QUE FORNECE AS COORDENADAS (y) DA CURVA CATENÁRIA

$$1) \boxed{y_A = a \operatorname{ch} \frac{x}{a}}$$

$$x = 9,0 \text{ m.}$$

$$a = 8,5551 \text{ m.}$$

$$y_A = 8,5551 \times \operatorname{ch} \frac{9,00}{8,5551} \quad \theta = 1,052$$

$$y_A = 8,5551 \times \operatorname{ch} 1,052 = 8,5551 \times 1,60632 \text{ (da tabela)}$$

$$y_A = 13,7422 \text{ m} = a + f$$

$$\boxed{y_A = a + f} \quad \text{No extremo da catenária; ponto } A.$$

$$f(\text{flecha}) = (y_A) 13,7422 - (a) 8,5551 = 5,187 \text{ m}$$

$$f = 5,187 \cong 5,20 \text{ m.}$$

3º - DETERMINAÇÃO DO SEMI COMPRIMENTO DA CURVA, EXPRESSÃO

$$\boxed{\frac{L}{2} = a \operatorname{sh} \frac{\frac{l}{2}}{a}}$$

$$\frac{\frac{l}{2}}{a} \rightarrow \theta = 1,052$$

$$\operatorname{sh} \theta = 1,25712$$

$$\frac{L}{2} = 8,5551 \times 1,25712 = 10,7548$$

$$\uparrow \text{ da tabela}$$

$$\boxed{L = 21,5096 \text{ m.}}$$

**4º - DETERMINAÇÃO EXATA DOS PONTOS DA CURVA,
USANDO A EQUAÇÃO DA CURVA**

Dados

$$\boxed{f = 5,20 \text{ m}}$$

$$\boxed{\frac{l}{2} = 9,0 \text{ m}}$$

$$\frac{f}{\frac{l}{2}} = 0,5777 = \frac{\operatorname{ch} \theta - 1}{\theta}$$

$$\theta = \frac{l/2}{a} = 1,052$$

$$\operatorname{ch} \theta = 1,60632$$

$$\operatorname{Sh} \theta = 1,25712$$

$$a = 8,5551 \text{ m.}$$

$$y_A = f + a = 13,75 \text{ m}$$

Os valores a serem achados serão usados para a execução das cambotas no momento da construção.

$$1) \boxed{y = a \cdot \operatorname{ch} \frac{x}{a}}$$

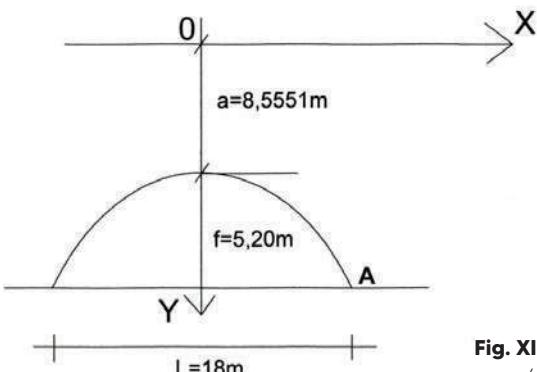


Fig. XI-82.
(*-5).

$$\boxed{y = a \cdot \operatorname{ch} \frac{x}{a}}$$

$$a = 8,5551 \text{ m}$$

Pontos	x (m)	$\frac{x}{a}$	$ch \frac{x}{a}$	y (m)	$f' = 13,75 - y$ (m) (flecha de cada ponto)
1	1,0	0,1169	1,00685	8,6137	5,136
2	1,5	0,1753	1,0218	8,7417	5,008
3	2,0	0,2338	1,02747	8,7901	4,959
4	3,0	0,3507	1,06215	9,0868	4,663
5	3,5	0,4091	1,08483	9,2808	4,469
6	4,0	0,4676	1,11134	9,5076	4,242
7	4,5	0,5260	1,1416	9,7665	3,983
8	5,0	0,5844	1,17572	10,058	3,692
9	5,5	0,6429	1,2139	10,385	3,365
10	6,0	0,7013	1,25618	10,7467	3,003
11	6,5	0,7598	1,30283	11,1458	2,604
12	7,0	0,8182	1,35386	11,824	2,167
13	7,5	0,8767	1,40893	12,053	1,696
14	8,0	0,9351	1,4700	12,5759	1,174
15	8,5	0,9936	1,5356	13,1373	0,613
16	9,0	1,052	1,60632	13,75	0

5º - DETERMINAÇÃO DAS CARGAS

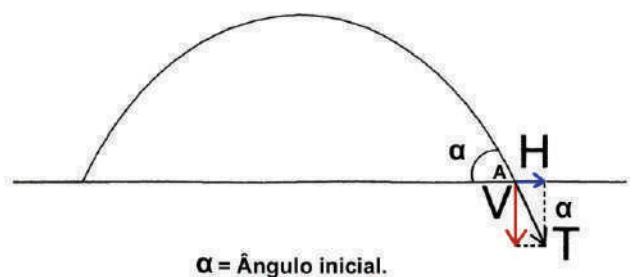
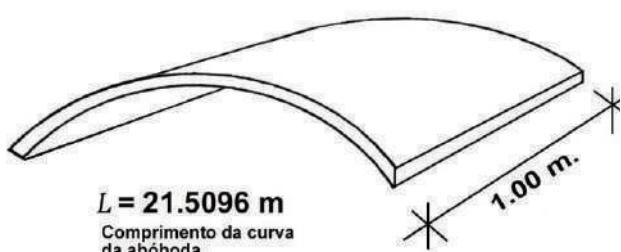


Fig. XI-83. (*-5).

Fig. XI-84. (*-5).

SENO, COSSENO HIPERBOLICOS E RELAÇÃO $\frac{\text{ch}\theta-1}{\theta}$															
θ	sh θ	ch θ	$\frac{\text{ch}\theta-1}{\theta}$	θ	sh θ	ch θ	$\frac{\text{ch}\theta-1}{\theta}$	θ	sh θ	ch θ	$\frac{\text{ch}\theta-1}{\theta}$	θ	sh θ	ch θ	$\frac{\text{ch}\theta-1}{\theta}$
0.01	0.0100	1.0001	0.0050	0.71	0.7712	1.2628	0.3701	1.41	1.9259	2.1700	0.8298	2.11	4.0635	4.1847	1.5093
0.02	0.0200	1.0002	0.0100	0.72	0.7638	1.2706	0.3758	1.42	1.9477	2.1894	0.8376	2.12	4.1056	4.2256	1.5215
0.03	0.0300	1.0005	0.0150	0.73	0.7666	1.2785	0.3815	1.43	1.9697	2.2090	0.8455	2.13	4.1480	4.2668	1.5337
0.04	0.0400	1.0008	0.0200	0.74	0.8094	1.2865	0.3872	1.44	1.9919	2.2288	0.8532	2.14	4.1909	4.3085	1.5460
0.05	0.0500	1.0013	0.0250	0.75	0.8223	1.2947	0.3929	1.45	2.0143	2.2488	0.8612	2.15	4.2342	4.3507	1.5585
0.06	0.0600	1.0018	0.0300	0.76	0.8353	1.3030	0.3987	1.46	2.0369	2.2691	0.8692	2.16	4.2779	4.3932	1.5709
0.07	0.0700	1.0025	0.0350	0.77	0.8484	1.3114	0.4044	1.47	2.0597	2.2896	0.8772	2.17	4.3221	4.4362	1.5835
0.08	0.0801	1.0032	0.0400	0.78	0.8615	1.3199	0.4101	1.48	2.0827	2.3103	0.8853	2.18	4.3666	4.4797	1.5962
0.09	0.0901	1.0041	0.0450	0.79	0.8748	1.3286	0.4159	1.49	2.1059	2.3312	0.8934	2.19	4.4117	4.5236	1.6089
0.10	0.1002	1.0050	0.0500	0.80	0.8881	1.3374	0.4217	1.50	2.1293	2.3524	0.9016	2.20	4.4571	4.5679	1.6218
0.11	0.1102	1.0051	0.0550	0.81	0.9015	1.3464	0.4277	1.51	2.1529	2.3738	0.9098	2.21	4.5030	4.6127	1.6347
0.12	0.1203	1.0072	0.0601	0.82	0.9150	1.3555	0.4335	1.52	2.1768	2.3955	0.9181	2.22	4.5494	4.6580	1.6477
0.13	0.1304	1.0085	0.0651	0.83	0.9286	1.3647	0.4394	1.53	2.2008	2.4174	0.9264	2.23	4.5962	4.7037	1.6609
0.14	0.1405	1.0098	0.0702	0.84	0.9423	1.3740	0.4452	1.54	2.2251	2.4395	0.9347	2.24	4.6434	4.7499	1.6741
0.15	0.1506	1.0113	0.0752	0.85	0.9561	1.3835	0.4512	1.55	2.2496	2.4619	0.9431	2.25	4.6912	4.7966	1.6874
0.16	0.1607	1.0128	0.0803	0.86	0.9700	1.3932	0.4572	1.56	2.2743	2.4845	0.9518	2.26	4.7394	4.8437	1.7007
0.17	0.1708	1.0145	0.0853	0.87	0.9840	1.4029	0.4631	1.57	2.2993	2.5073	0.9601	2.27	4.7880	4.8914	1.7143
0.18	0.1810	1.0162	0.0904	0.88	0.9981	1.4128	0.4691	1.58	2.3245	2.5305	0.9687	2.28	4.8372	4.9395	1.7278
0.19	0.1911	1.0181	0.0954	0.89	1.0122	1.4229	0.4752	1.59	2.3499	2.5558	0.9772	2.29	4.8868	4.9881	1.7415
0.20	0.2013	1.0201	0.1005	0.90	1.0265	1.4331	0.4812	1.60	2.3756	2.5775	0.9859	2.30	4.9370	5.0372	1.7553
0.21	0.2115	1.0221	0.1055	0.91	1.0409	1.4434	0.4872	1.61	2.4015	2.6013	0.9946	2.31	4.9876	5.0668	1.7692
0.22	0.2218	1.0243	0.1106	0.92	1.0554	1.4539	0.4934	1.62	2.4276	2.6255	1.0034	2.32	5.0367	5.1370	1.7832
0.23	0.2320	1.0266	0.1156	0.93	1.0700	1.4645	0.4995	1.63	2.4540	2.6499	1.0122	2.33	5.0903	5.1876	1.7979
0.24	0.2423	1.0289	0.1207	0.94	1.0847	1.4753	0.5056	1.64	2.4806	2.6746	1.0211	2.34	5.1425	5.2388	1.8114
0.25	0.2526	1.0314	0.1257	0.95	1.0995	1.4862	0.5118	1.65	2.5075	2.6995	1.0300	2.35	5.1951	5.2905	1.8257
0.26	0.2629	1.0340	0.1308	0.96	1.1144	1.4973	0.5180	1.66	2.5346	2.7247	1.0390	2.36	5.2483	5.3427	1.8401
0.27	0.2733	1.0367	0.1358	0.97	1.1294	1.5085	0.5242	1.67	2.5620	2.7502	1.0480	2.37	5.3020	5.3954	1.8546
0.28	0.2837	1.0395	0.1409	0.98	1.1446	1.5199	0.5305	1.68	2.5896	2.7760	1.0571	2.38	5.3562	5.4487	1.8692
0.29	0.2941	1.0423	0.1459	0.99	1.1598	1.5314	0.5368	1.69	2.6175	2.8020	1.0663	2.39	5.4109	5.5026	1.8839
0.30	0.3045	1.0453	0.1510	1.00	1.1752	1.5431	0.5431	1.70	2.6456	2.8283	1.0755	2.40	5.4662	5.5569	1.8987
0.31	0.3150	1.0484	0.1561	1.01	1.1907	1.5549	0.5494	1.71	2.6740	2.8549	1.0848	2.41	5.5221	5.6119	1.9137
0.32	0.3255	1.0516	0.1612	1.02	1.2063	1.5669	0.5558	1.72	2.7027	2.8818	1.0941	2.42	5.5785	5.6674	1.9287
0.33	0.3360	1.0549	0.1664	1.03	1.2220	1.5780	0.5621	1.73	2.7317	2.9090	1.1035	2.43	5.6354	5.7235	1.9438
0.34	0.3466	1.0584	0.1717	1.04	1.2379	1.5913	0.5685	1.74	2.7609	2.9364	1.1129	2.44	5.6929	5.7801	1.9590
0.35	0.3572	1.0619	0.1768	1.05	1.2539	1.6038	0.5750	1.75	2.7904	2.9642	1.1224	2.45	5.7510	5.8373	1.9744
0.36	0.3678	1.0655	0.1819	1.06	1.2700	1.6164	0.5815	1.76	2.8202	2.9922	1.1319	2.46	5.8097	5.8951	1.9899
0.37	0.3785	1.0692	0.1870	1.07	1.2862	1.6292	0.5880	1.77	2.8503	3.0206	1.1416	2.47	5.8669	5.9535	2.0035
0.38	0.3892	1.0731	0.1924	1.08	1.3025	1.6423	0.5945	1.78	2.8806	3.0492	1.1512	2.48	5.9288	6.0125	2.0217
0.39	0.4000	1.0770	0.1975	1.09	1.3190	1.6552	0.6011	1.79	2.9112	3.0782	1.1610	2.49	5.9892	6.0721	2.0371
0.40	0.4108	1.0811	0.2027	1.10	1.3356	1.6685	0.6077	1.80	2.9422	3.1075	1.1708	2.50	6.0502	6.1323	2.0529
0.41	0.4216	1.0852	0.2078	1.11	1.3524	1.6820	0.6144	1.81	2.9734	3.1371	1.1807	2.51	6.1118	6.1931	2.0690
0.42	0.4325	1.0895	0.2131	1.12	1.3693	1.6956	0.6211	1.82	3.0049	3.1669	1.1906	2.52	6.1741	6.2545	2.0951
0.43	0.4434	1.0939	0.2184	1.13	1.3863	1.7093	0.6277	1.83	3.0367	3.1972	1.2006	2.53	6.2369	6.3166	2.1014
0.44	0.4543	1.0984	0.2236	1.14	1.4035	1.7233	0.6345	1.84	3.0669	3.2277	1.2107	2.54	6.3004	6.3793	2.1179
0.45	0.4653	1.1032	0.2293	1.15	1.4208	1.7374	0.6412	1.85	3.1013	3.2585	1.2208	2.55	6.3645	6.4426	2.1344
0.46	0.4763	1.1077	0.2341	1.16	1.4382	1.7517	0.6480	1.86	3.1340	3.2897	1.2310	2.56	6.4293	6.5006	2.1487
0.47	0.4875	1.1125	0.2393	1.17	1.4558	1.7662	0.6549	1.87	3.1671	3.3212	1.2413	2.57	6.4946	6.5712	2.1678
0.48	0.4986	1.1174	0.2446	1.18	1.4735	1.7808	0.6617	1.88	3.2005	3.3530	1.2516	2.58	6.5607	6.6365	2.1847
0.49	0.5098	1.1225	0.2500	1.19	1.4914	1.7950	0.6686	1.89	3.2341	3.3852	1.2620	2.59	6.6274	6.7024	2.2017
0.50	0.5211	1.1276	0.2552	1.20	1.5095	1.8107	0.6756	1.90	3.2662	3.4177	1.2725	2.60	6.6947	6.7690	2.2188
0.51	0.5324	1.1329	0.2606	1.21	1.5276	1.8258	0.6825	1.91	3.3025	3.4506	1.2830	2.61	6.7628	6.8303	2.2361
0.52	0.5438	1.1383	0.2660	1.22	1.5460	1.8412	0.6895	1.92	3.3372	3.4838	1.2936	2.62	6.8315	6.9043	2.2535
0.53	0.5552	1.1438	0.2713	1.23	1.5645	1.8568	0.6965	1.93	3.3722	3.5173	1.3043	2.63	6.9009	6.9729	2.2711
0.54	0.5666	1.1494	0.2767	1.24	1.5831	1.8725	0.7036	1.94	3.4075	3.5512	1.3150	2.64	6.9709	7.0423	2.2666
0.55	0.5782	1.1551	0.2820	1.25	1.6019	1.8884	0.7107	1.95	3.4432	3.5855	1.3259	2.65	7.0417	7.1123	2.3065
0.56	0.5897	1.1609	0.2873	1.26	1.6209	1.9045	0.7179	1.96	3.4792	3.6201	1.3368	2.66	7.1132	7.1831	

6º - PESO PRÓPRIO E CARGA UNIFORME

a – Cálculo do peso próprio e carga uniforme

$$\text{Nº de tijolo /m} = 32 \text{ unid./m}^2 \quad 32 \times 5 \text{ kg} = 160 \text{ kg/m}^2.$$

+ 4 cm. de argamassa

$$\text{Sobrecarga uniforme} \quad \frac{g = 50 \text{ kg/m}^2}{\Sigma 210 \text{ kg/m}^2}$$

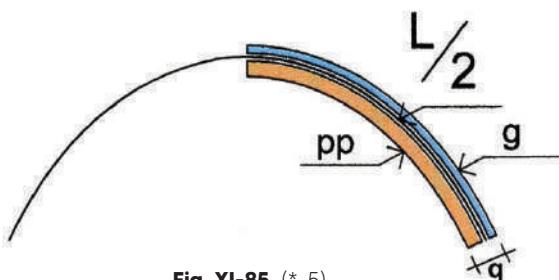


Fig. XI-85. (*-5).

$$\frac{L}{2} = 10,7548 \text{ m}$$

$$V = 210 \text{ kg/m}^2 \times 10,7548 \text{ m} = 2258,51 \text{ k/ml}$$

5) $V \cong 2260 \text{ kg/ml}$

Descarga vertical da abóboda na borda por metro linear.

b – Cálculo da força direta por ml de borda T .

3) $T = q \cdot (a+f)$

$$T = 210 (8,5551 + 5,20) = 2890 \text{ kg/ml}$$

$T = 2890 \text{ kg/ml}$

c – Cálculo da força horizontal por ml de borda H .

4) $H = q \cdot a$

$$H = 210 \text{ kg/ml} \times 8,5551 = 1796,57 \text{ kg/ml}$$

$H = 1800 \text{ kg/ml}$

d – Cálculo da força vertical em quilos ou toneladas na borda da abóboda.

5) $V = q \frac{L}{2}$

$$V = 210 \text{ kg/m}^2 \times \frac{21,5096 \text{ m}}{2} = 2258,50 \text{ kg/ml}$$

$V = 2260 \text{ kg/ml}$

e – Verificação gráfica. Neste caso, se usarmos um programa de desenho gráfico, a exemplo do *Auto-Cad*, o resultado é perfeito.

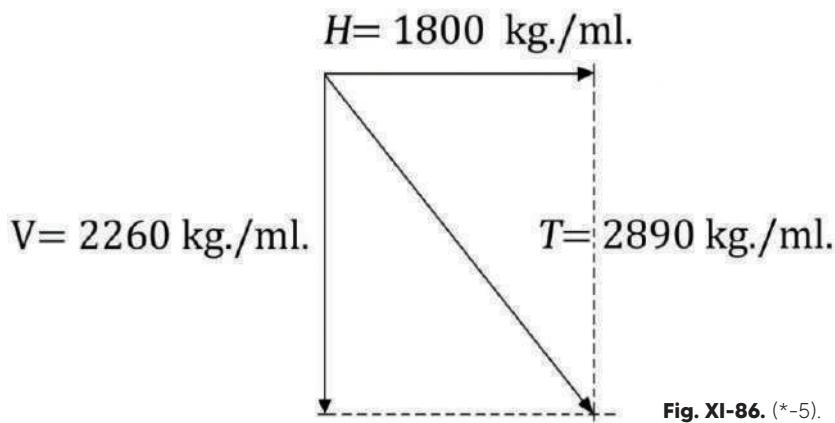


Fig. XI-86. (*-5).

f – Determinação da força direta sobre o pilar.

Como temos dupla curvatura, com pilares a cada 4,80 m., considerando de eixo a eixo, levando em conta a curvatura, o comprimento transversal de cada fatia de abóboda é = 5,20 m.

$$T = 2900 \text{ kg./ml.}$$

$$T_p = 5,20 \text{ m.} \times 2900 \text{ kg/ml}$$

$$T_p = 15080 \text{ kg}$$

$$H = 5,20 \text{ m} \times 1800 \text{ kg/ml}$$

$$H = 9360 \text{ kg}$$

$$V = 5,20 \text{ m} \times 2260 \text{ kg/ml}$$

$$V = 11760 \text{ kg}$$

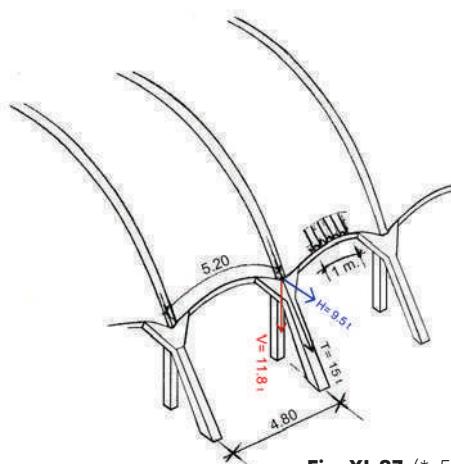


Fig. XI-87. (*-5).



CAPÍTULO XII

CONTRIBUIÇÃO PARA UMA NOVA ARQUITETURA



Resumen (español)

Contribución a una nueva arquitectura

Con el Ing. E. Dieste y la técnica del ladrillo armado para estructuras empieza a nacer un nuevo concepto de ver y crear arquitectura. No es un estilo propio, lo que era solo para cubiertas, con las armaduras rectas como guía empiezan a surgir cerramientos con formatos sorprendentes. Una opinión de otros arquitectos hace vislumbrar un nuevo nicho expresivo, donde esta tecnología del ladrillo armado y las nuevas posibilidades creativas se dan la mano. Algunas referencias tecnológicas – Las armaduras guías dentro de paredes dobles. El Ing. Dieste se convierte en el pionero de este nuevo camino arquitectónico. La Iglesia pionera en Atlántida – Uruguay, primer obra donde se usa para los cerramientos el sistema de “paredes dobles de ladrillo con armaduras guías”. Con fotos se muestra el exterior e interior de esta obra (Fig. XII-5 a XII-15 y Fig. XI-21 a XI-26). Análisis de su conformación estructural (Fig. XII-16 a XI-20).

Ejemplo de las Iglesias en Montevideo-UY. y en Iglesia en España (Fig. XII-33 a XII-46). Obra, Montevideo Shopping Center se muestra además, la función estructural de las paredes y sus esfuerzos (Fig. XII-47 a XII-58).

Obras del Arq. Alberto Brizolara – Ejemplo, ampliación de Capilla en Minas UY, no existe encofrado, con armaduras – guías, rectas, las paredes de curvas verticales se van transformando en techos paraboloides para formar una torre hueca rectangular, por donde entra la luz. Con dibujos y fotos se muestra las diversas etapas de la construcción (Fig. XII-59 a XII-81). Se muestra en un detalle cómo se levanta una pared inclinada (Fig. XII-82). Iglesia con 4 paraboloides hiperbólicos, paradas las 4 paredes externas. Empieza con una planta cuadrada y la cima de las paredes forman la figura de un rombo. Esas paredes se hacen con el sistema de superficies regladas, ver detalle (Fig. XII-84 y XII-85). Se muestra en la Iglesia del Sagrado Corazón en Rivera – UY, otro ejemplo con paredes y cubierta de ladrillo armado que contribuyen al nuevo camino de la arquitectura (Fig. XII-97 a XII-106).

Summary (english)

Contribution to a new architecture

With the Eng. E. Dieste and the technique of the armed brick for structures, a new concept of seeing and creating architecture, begins to emerge. It is not a style on its own, from what was only for roofs with the straight armor as a guide, enclosures with surprising formats, start to emerge. An opinion of other architects reveals a new expressive niche, in which this technology of reinforced brick and new creative possibilities, go together.

Some technological references – The guide frames inside double walls. Eng. Dieste becomes the pioneer of this new architectural road. The pioneer church in Atlántida – Uruguay, the first work where the system of "double brick walls with guide frames" is used for the enclosures. By photos the exterior and the interior of this work are shown (Fig. XII-5 to XII-15 and Fig. XI-21 to XI-26). Analysis of its structural conformation (Fig. XII-16 to XI-20).

Example of the Churches in Montevideo-UY. and in Spain (Fig. XII-33 to XII-46). Work, Montevideo Shopping Center also shows the structural function of the walls and their efforts (Fig. XII-47 to XII-58). Works of Architect Alberto Brizolara – Example, extension of Chapel in Minas UY, There is no formwork, with armors – guides, straight lines, the walls of vertical curves are transformed into paraboloid roofs to form a rectangular hollow tower, through which the light enters. Drawings and photos show the various stages of construction (Fig. XII-59 to XII-81). A sloping wall is shown in detail (Fig. XII-82). Church with 4 hyperbolic paraboloids, standing the 4 external walls. It starts with a square plan and the top of the walls form the figure of a diamond. These walls are made with the system of ruled surfaces, see detail (Fig. XII-84 to XII-85). It is shown in the Sacred Heart Church in Rivera – UY, Another example with walls and roofs made with reinforced brick, that contribute to the new path of architecture (Fig. XII-97 to XII-106).

1

IDEIAS BÁSICAS

1.1 - AS TECNOLOGIAS DO TIJOLO

As tecnologias voltadas ao uso do tijolo em coberturas, entrepisos, escadas, etc., já existiam antes do cimento, do concreto e das armaduras. Depois veio (década de 60) a tecnologia do tijolo armado (Eng.

Dieste) para estrutura. Junto começa a nascer mais que uma solução estrutural, mas um novo conceito de ver e, logo, de criar arquitetura, um novo caminho para a criatividade ao projetar.

1.2 - A CRIAÇÃO INTUITIVA

Na década de 1960, à época estudante ainda de arquitetura, quando presenciei a construção das paredes da Igreja Cristo Obreiro, na cidade de Atlântida, Uruguai, projetada e dirigida pelo Eng. E. Dieste, embora com interrupções, fiquei bastante assombrado e maravilhado (Fig. XII-4, XII-15).

Aceitava uma novidade desse tipo nas paredes por ser uma igreja, mas não desconfiava que aquilo trouxesse dentro de si uma genialidade

intuitiva espontânea do autor. Ao passar do tempo, entendi que a criação é intuitiva e não racional. Se quisesse passar pela razão (inteligência), seria barrada de mil maneiras, pois não teria dentro de si os padrões da experiência que dão tranquilidade. E como um fantasma que aparece de repente e se faz realidade, é o gênio da criação. Será por isso que a estas pessoas singulares as chamamos de “geniais”?

1.3 - OS ESTILOS

A história mostra que os chamados estilos arquitetônicos fazem parte de um conjunto de conceitos coerentes que, por diversas razões históricas, estabeleceram-se e ficaram com essa unidade conceitual durante longo tempo, centúrias, ou durante

espaço curto de tempo, décadas. Nesta perspectiva, a coerência criativa era percebida em todas as áreas das manifestações humanas: nas artes plásticas, na música, nas vestes, na arquitetura, por exemplo, lembro-me do Barroco.

1.4 - O NASCIMENTO DE UMA NOVA CRIAÇÃO

Nos nossos tempos, em que o que há são as diversidades expressivas, não existe de fato um estilo de época – e talvez isso se explique por

essa diversidade toda e pela imensa capacidade de comunicação instantânea que tem o homem.

No nosso dizer “uma nova arquitetura”, não é

outra coisa que uma abordagem singular, nova, do fazer arquitetônico. O fazer com características próprias, com sua personalidade e com resultados singulares diferentes de todas as outras.

Não é um “estilo” como os tradicionais já conhecidos da história ou, como se poderia dizer, dos estilos circunstanciais ao “estilo dos grandes edifícios de escritórios de Manhattan”, ou estilo “country”, ou “Mediterranée”, etc.. Tal proposta é a volta ao tijolo à vista com o qual, explosivamente, irrompe uma liberdade inusitada para criar.

É uma simbiose de sistema construtivo que começou com o Eng. uruguai Eladio Dieste para

dar resposta a coberturas com grandes vãos. Os primeiros resultados mostraram o nascimento de uma estética estrutural surpreendentemente bela que se baseia em arcos e curvas especiais e em dois elementos primitivos: o tijolo e as armaduras.

Desta forma, o que era para ser somente às coberturas migrou – intuitivamente por Dieste – às paredes. As armaduras retas (guias), o tijolo e o engenho criativo fizeram nascer fechamentos laterais inéditos e surpreendentes (Fig. XII-16), nunca se tinha visto coisa igual.

1.5 - AS MISTURAS FORMAIS

Pode misturar-se em uma mesma obra, além de sua personalidade criativo-construtiva, outras tendências arquitetônicas. Assim, Imaginemos que os cultores da “Deconstrução”, Frank Gehry e Zaha Hadid, arquitetos, em vez de usar vidro e lâminas metálicas, tivessem recorrido ao uso do vidro e do tijolo armado para criar as suas formas e volumes que desafiam a lógica construtiva e estrutural, teríamos uma simbiose fantástica.

Ou o “Brutalismo” que, alimentado por suas ânsias expressivas arquitetônicas, olhassem para as Igrejas projetadas por Dieste, a de Atlântida – Uruguai (Fig. XII-5), ou para a Igreja em Alcalá de Henares, na Espanha (Fig. XII-46), encontraria, entre curvas e retas, um caminho expressivo para seus anseios.

Ou o insuperável Niemeyer, com arquitetura suave e ondulante, sensual e, por vezes, vibrante e aguda, deliciava-se com as possibilidades de um sistema construtivo como o das “armaduras – guias e o tijolo”. O próprio Le Corbusier, nas

derradeiras décadas de sua atividade arquitetônica, apontava em Romchamp, França, a necessidade de liberdade da sua obra, chegando com as curvas volumétricas muito além do paralelepípedo de sua arquitetura “Moderna”.

Quando, neste Cap. XII, falamos numa “nova arquitetura”, olhando estas obras, podemos dizer que é verdade. O mundo do tijolo não se acaba, ele se transforma para adquirir maior vitalidade, para adequar-se aos novos tempos. Lembramos de que, sem uma estética maravilhosa e uma tecnologia rápida e econômica, não teremos uma nova arquitetura, partindo do tijolo ou da cerâmica.

Temos medo de inventar na estética e na tecnologia, é como se o peso do país ou região subdesenvolvida ou em desenvolvimento nos impedisse de ser arrojados. Na verdade, os exemplos, os inventos e a criação do gênio Dieste até agora partiram dessas regiões.

1.6 - UMA SURPRESA

No final do ano 2016, este livro estava por ser terminado, e certos arquitetos do escritório Oficina Conceito Arquitetura de Porto Alegre (OCA) – RS/Brasil, passaram diante de uma obra de minha autoria, feita com tijolo armado e decidiram pôr

no “Facebook” uma série de conceitos referente a este caminho arquitetônico. Entendi que era necessário refletir sobre este assunto e, juntando com ideias que vinham amadurecendo, decidi fazer este 12º capítulo.



Oficina Conceito Arquitetura

Página curtida - 14 de dezembro de 2016 via Instagram -

...

Ontem passamos pela rodoviária de Santana do Livramento/RS. O que deveria ser mais uma simples parada, acabou sendo uma agradável surpresa: o uso do tijolo e da iluminação e ventilação naturais em todos os espaços foram determinantes para a percepção de que esta não é apenas uma simples rodoviária do interior! Ela reflete conceitos importantes do trabalho com tijolos vindos de muito anos da região da fronteira com o Uruguai. Torcemos para que esta arquitetura autêntica possa se fortalecer em cada região e tenhamos novas surpresas como esta nas nossas andanças por ai.

Entende-se que esta obra possa ser uma surpresa para arquitetos, considerando que, nestes tempos (começo do ano 2000), o tijolo à vista está sendo usado essencialmente com uma finalidade decorativa

de acabamento. Nesta obra, o tijolo é o personagem central da história. Ele está para criar o espaço, a dinâmica formal, as luzes e sombras, sendo a parte mais importante da estrutura.

Fig. XII-1. Foto interior da rodoviária de S. do Livramento - RS. E conceito expressado pelo escritório de arquitetura O.C.A de Porto Alegre - RS, no Facebook. (*-5).

1.7 - A NOVA ARQUITETURA

Parece-me um tanto arrogante falar em uma nova arquitetura, evidentemente que a mensagem quer ser mais modesta.

Muitas são as contribuições novedosas na atualidade, as quais coexistem e estão dando obras portentosas para uma arquitetura muito variada. Novos materiais permitem e solicitam novas formas arquitetônicas, novos resultados formais. Se neste livro onde ensinamos em detalhe a trabalhar com a cerâmica armada falamos numa “nova arquitetura”, não é para pensarmos que essa “nova arquitetura” já esteja estabelecida. Vislumbramos o novo nicho expressivo, onde a tecnologia e as possibilidades criativas iniludivelmente se dão à mão.

O novo não é novo, o mundo já foi criado, nós somente brincamos e transformamos o atual, combinando o existente para uma finalidade prática que

sempre leva, silenciosamente dentro de si, a necessidade da beleza. Sem a beleza não existe a vida.

Nós todos, e em especial os arquitetos e os engenheiros, corremos atrás dessa quimera. Como dizia o poeta Vinicius de Moraes: “que me perdoem as feias, mas beleza é fundamental” – para o autor, todas as mulheres, por serem mulheres, são bonitas.

Nada mais velho que nosso conhecido tijolo, até agora nada está inventado. Mas brincar com o tijolo, adicionando a ele argamassa de cimento e armaduras criadas para o concreto, seguramente, já é uma novidade.

A tal “nova arquitetura” de que falamos é o conjunto de uma nova tecnologia, a do tijolo armado, com novas possibilidades criativas formais e estéticas. Nesta perspectiva, a criação formal vai atrelada à tecnologia.

1.8 - A NOVA TECNOLOGIA

1.8.1 - Algumas referências

Tomemos por exemplo a ampliação da Capela de N. S. de Fátima, na cidade de Minas, no Uruguai, construída pelo Arq. Brizolara. Quanto a tamanho e custo o exemplo é paupérrimo, mas quanto à

novidade e exemplificação de um novo caminho é muito importante.

O processo construtivo de uma simples e pequena ampliação permite descortinar,

devido à sua variedade, a imensa riqueza que o sistema de alvenaria com armaduras guias retas traz (Fig. XII-2, XII-3). São paredes que vão se



Fig. XII-2. As armaduras apresentadas, mas ainda não esticadas e seguradas na posição. (*-5).

transformando em cobertura e logo em torre, por onde entrará a luz. Neste capítulo, observaremos, com muito detalhe, esta obra.

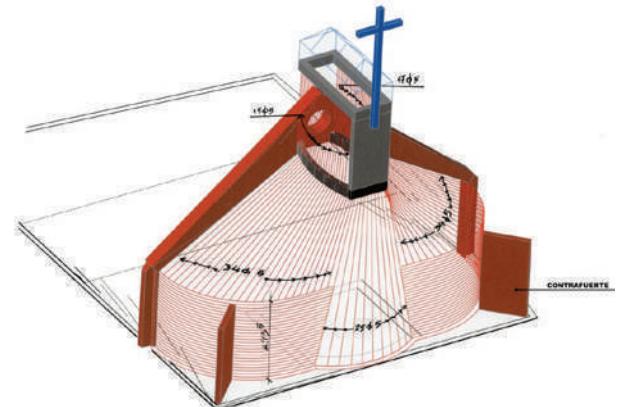


Fig. XII-3. Documento da obra onde indica o tipo e a quantidade de armadura. (*-5).

Não é nesta obra que se cria o “sistema de alvenaria com armaduras guias retas”. Nesta obra, pretende-se desenvolver o criado pelo mestre Dieste em 1960, na igreja Cristo Obreiro, de Atlântida/Uruguai, (Fig. XII-4). Logo em seguida, veremos esta obra.

Nesta maneira de levantar a alvenaria não se usa o prumo, ferramenta milenar. Este foi o primeiro motivo de oposição que alguns pedreiros puseram (Igreja de Atlântida, 1960), mas que, prontamente, adaptaram-se. Usando o tijolo, estes caminhos tecnológicos nos dão um visual enriquecido e novo, é a revalorização do tijolo.

Neste capítulo, veremos, em detalhe, várias obras nas quais foi utilizado o sistema construtivo de alvenaria com armaduras guias retas. São obras do Eng. Dieste, que começam no ano 1960, e do autor desta publicação. Posso dizer que se forem dadas as coordenadas e os elementos básicos pelo arquiteto ou pelo engenheiro da obra, não se apresentaram dificuldades fora do comum.

Eu diria que, tomados os cuidados normais de uma obra, o caminho é muito fácil. Seria o “*go, go*” do inglês ou o “*allez-y, allez-y*” do francês, para o contexto generalizado dos profissionais.

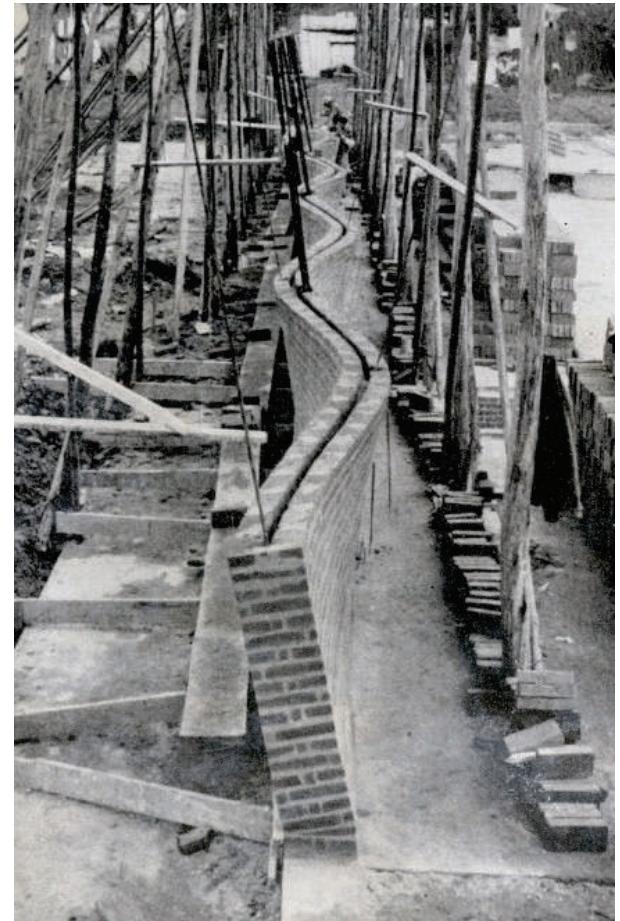


Fig. XII-4. Elevação do muro duplo. (*-6).

2

ENG. ELADIO DIESTE E A NOVA ARQUITETURA

Dieste fez muitas obras com o mesmo princípio construtivo de "tijolo e armaduras guias", algumas no Uruguai e outras no estrangeiro. Hoje, reflexionando, comprovamos que Eladio Dieste também se converteu em pioneiro desta nova arquitetura que despontou no horizonte.

O desenvolvimento deste novo caminho para projetar construções inéditas corresponde às novas gerações de arquitetos e engenheiros. Os exemplos mostrados referem-se, essencialmente, a igrejas, mas com a imaginação e o domínio da tecnologia a sua aplicação se faz mais variada.

Feita a experiência pelo Eng. Dieste com a Igreja Cristo Obreiro, em Atlântida, Uruguai (1960), começam a surgir encomendas de novas igrejas, nas quais são utilizados, com variantes, os mesmos princípios nas paredes ("tijolo e armaduras guias") e cobertura com abóboda de dupla curvatura.

Estes momentos históricos que se dão na arquitetura com o Eng. Eladio Dieste coincide com o Concílio Vaticano II, surgindo novos conceitos da Igreja Católica para enfrentar a sua missão na terra.

Afirma-se o conceito de uma missão mais humilde, mais austera, mais despojada, em que se apresente uma igreja com menos pomposidade. Uma igreja em concordância com o homem comum e com os economicamente mais humildes vem ao encontro, e por isso se lança à mão essas paredes de tijolo rústico de Dieste, com os novos anseios de templos mais simples, sem a profusa ornamentação de um passado recente.

Também trazemos o projeto criado em 1961, da Igreja e casa paroquial N. S. de Lourdes, no bairro Malvin, em Montevidéu, sendo a construção feita em 1965, mas ficou inconclusa. Esta novidade construtiva e criativa chega à Espanha. Constrói-se, em 1996, a Igreja São João de Ávila, em Alcalá de Henares, perto de Madri. Essa igreja é quase uma réplica do projeto da Igreja N. S. de Lourdes, em Montevidéu, que não foi construída. Também se faz a Igreja da Sagrada Família, em Torrejón de Ardoz, e a Igreja N. S. Mãe do Rosário, ambas na Espanha.

Em Montevidéu, o Eng. Dieste fez as paredes externas e a cobertura do *Shopping Center*, sendo que o projeto é dos Arqts. Gómez Platero e López Rey, (Uruguai).

2.1 - A IGREJA PIONEIRA

OBRA

Igreja do Cristo Obreiro (1960)

PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL

Eng. E. Dieste

LOCALIZAÇÃO

Cidade de Atlântida - Uruguai

2.1.1 – Mensagem do sistema construtivo

Esta obra é um fiel exemplo de que a cerâmica armada, ao ser utilizada com a tecnologia das "paredes duplas de tijolo com armaduras guias", consegue uma arquitetura surpreendente.

No capítulo I, ao abordar o sistema construtivo do Eng. E. Dieste para abóbadas autoportantes de tijolo armado, já falamos de sua genialidade, de sua criatividade para sistemas estruturais.

Agora queremos destacar que, nesta obra, ao usar esta nova tecnologia e com imaginação, Eladio projeta uma igreja vibrante e aconchegante, atrativa e austera. Sendo, logo, um belo exemplo que está contribuindo para uma nova arquitetura.

A lição que nos deixa a Igreja de Atlântida é que a história está esperando pelos arquitetos, que entrem neste caminho da "Arquitetura Plástica".

2.1.2 – A obra

Baseados no domínio da tecnologia do tijolo armado, que é usada para fazer abóbadas de simples ou dupla curvatura, surgem as paredes regradas de tijolo armado com fim essencialmente estético, ou seja, sem deixar de colaborar com a parte estrutural.

O Eng. Eladio Dieste, como já sabemos, é o pioneiro desta temática, o criador e aplicador da nova tipologia construtiva. Temos, como exemplo

principal, as paredes da célebre Igreja do Cristo Obreiro, na cidade de Atlântida, Uruguai, em 1960. Na época, sendo estudante de arquitetura, o autor deste livro, o Arq. Brizolara, viajava, na condição de curioso, a fim de observar e aprender em Atlântida a tal tecnologia que não se ensinava na Faculdade de Arquitetura de Montevidéu. Para tanto, vamos nos deter um pouco nesta importante inspiração, dada à singularidade expressiva da obra.



Fig. XII-5. Igreja de Cristo Obreiro, Atlântida/Uruguai, Eng. E. Dieste. Uma surpreendente plástica arquitetônica. Vista semi lateral externa. A nova tecnologia permitiu um resultado com a máxima liberdade formal. (*-5).



Fig. XII-6. Vista interior da igreja. O movimento da cobertura, as paredes e a parede do altar, fazem um conjunto harmonioso e atrativo. Também está presente a luz natural bem dosada. (*-5).



Fig. XII-7. Por meio da tecnologia de "paredes duplas de tijolo com armaduras guias", as paredes são muito resistentes e podem ser furadas para iluminação como quiser, o mesmo que a abóboda de dupla curvatura. A junção de ambas fazem um nó espacial estrutural rígido. (*-5).

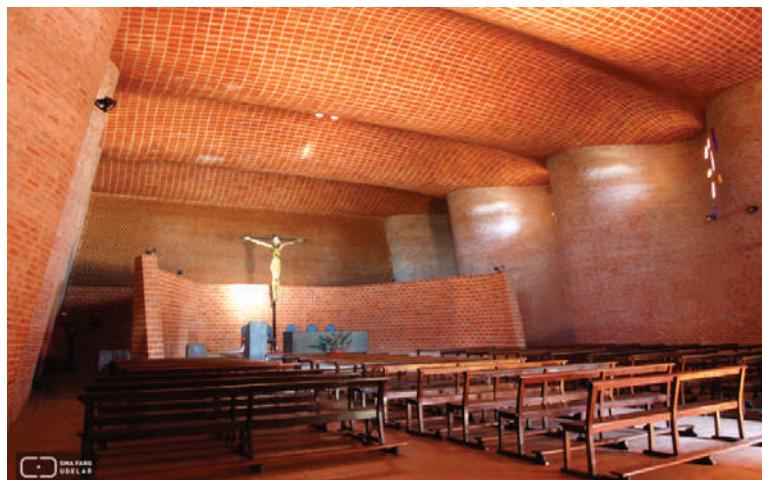


Fig. XII-8. Uma vista interior onde os jatos de luz vão cambiando com o movimento do sol. (*-4.2).



Fig. XII-9. Tanto por dentro quanto por fora, as paredes da Igreja são dinâmicas, tem o seu movimento que animam e dão alegria à figura austera do tijolo. (*-7).



Fig. XII-10. Por dentro, o movimento de retângulos de luzes surpreende pela sua vivacidade. (*-7).

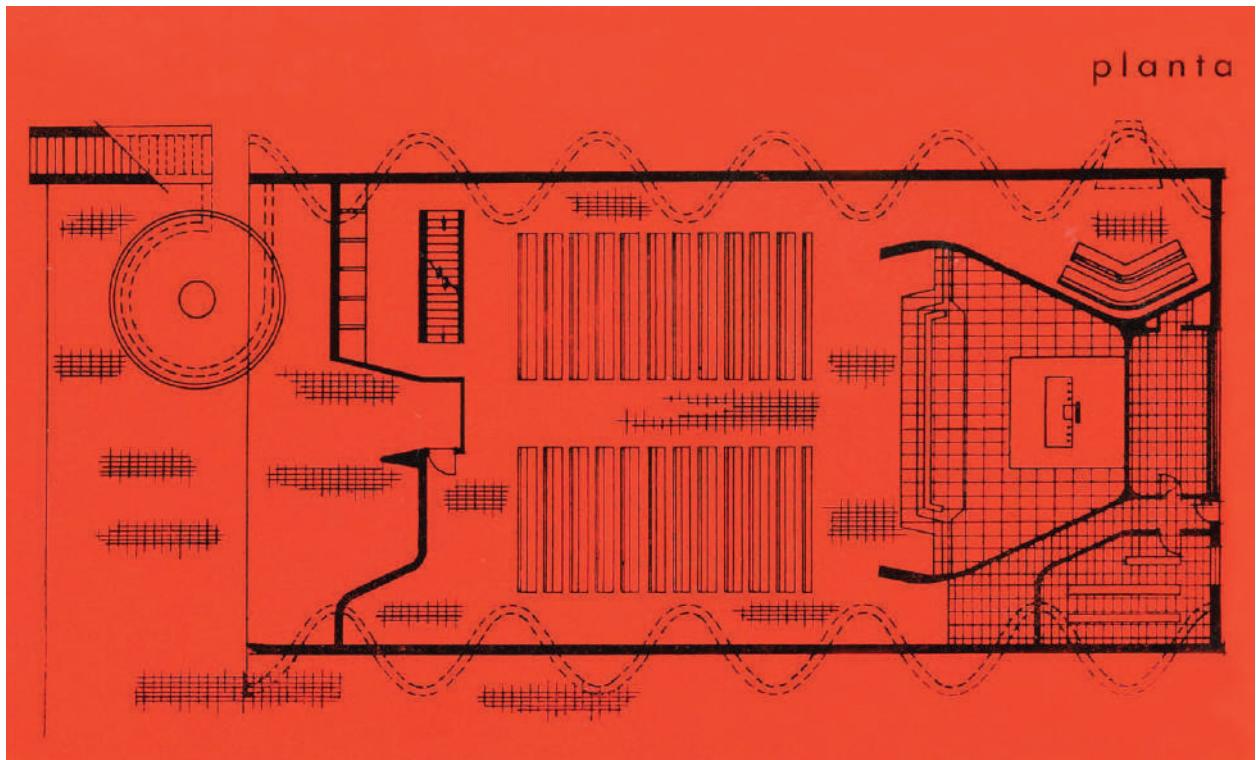


Fig. XII-11. Piso Térreo, observe que ao nível do piso as paredes laterais externas são retas e o pontilhado indica que ao nível da cobertura são uma senoide. (*-6).

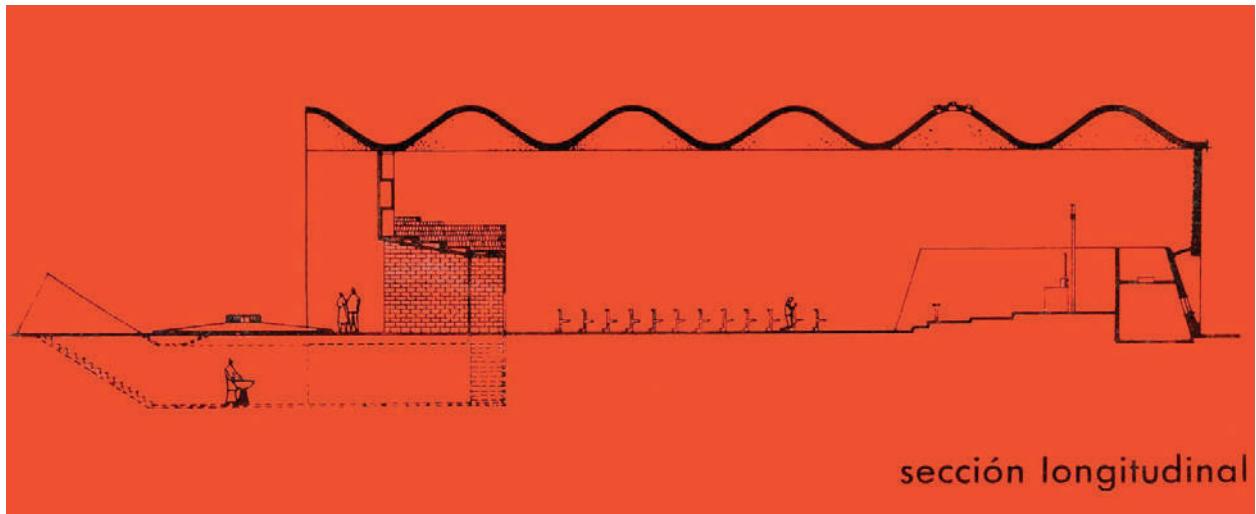


Fig. XII-12. Corte longitudinal. (*-6).

2.1.3 – O sistema construtivo

A ideia principal parte de ser uma superfície regrada, onde as réguas são armaduras em posição reta que, além de guias para o levantamento das paredes, cumprem a função estrutural resistente. É uma dupla parede de meio tijolo à vista. Entre

as duas fica um espaço mais ou menos de 4 cm., por onde passam as armaduras. À medida que o pedreiro vai levantando a alvenaria, ele preenche o espaço entre paredes com argamassa de cimento ou microconcreto.

Fig. XII-13. Conformação geométrica das paredes regradas. (*-2).

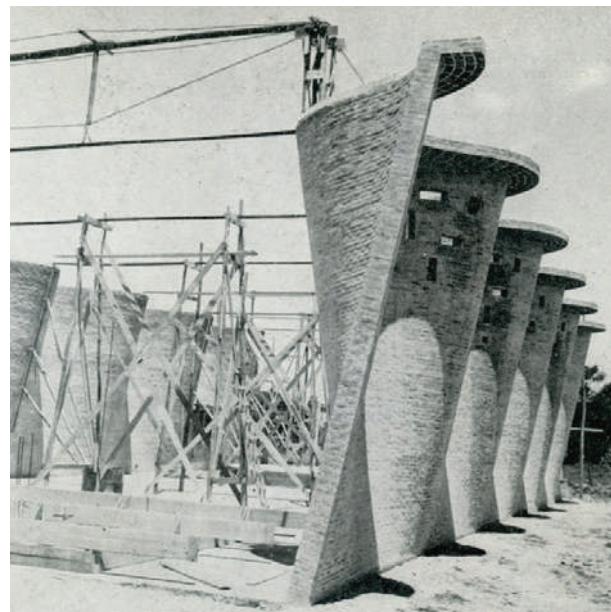
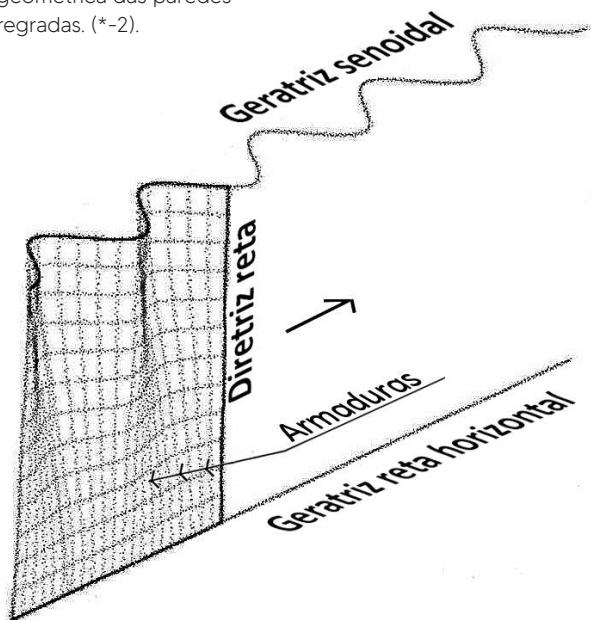


Fig. XII-15. Paredes terminadas em equilíbrio instável, seguradas por andaimes e travessas superiores. No topo, a viga horizontal senoidal. Com a cobertura esse topo se transforma em nó rígido. (*-6).



Fig. XII-14.
Elevação do muro duplo de superfície regrada com câmara. (*-6).



Fig. XII-16. Vista externa das paredes. (*-5).

2.1.4 – A estrutura

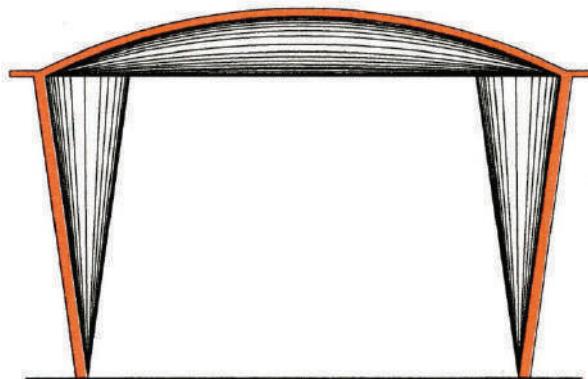
Fazendo uma análise estrutural mais apurada do conjunto paredes e cobertura, chegamos à conclusão de que:

a) o conjunto se pode considerar como um pórtico (Fig. XII-17);

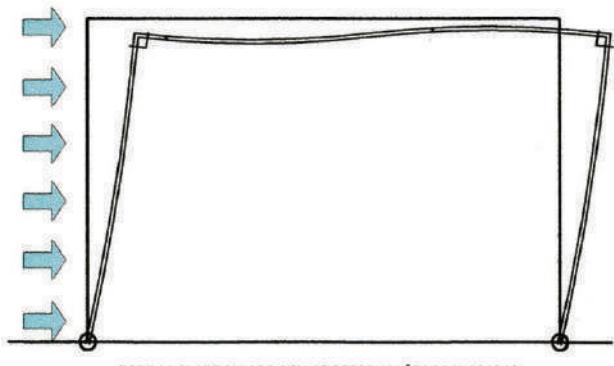
b) o pórtico é birotulado. As rotulas estão na base das paredes (Fig. XII-17);

c) os nós rígidos estão na junção das paredes com a cobertura, os quais evitam o tombamento lateral do pórtico por ação do vento ou qualquer deformação exagerada (Fig. XII-18);

d) a cobertura de dupla curvatura não provoca empuxos laterais horizontais na estrutura, porque seu vale é horizontal e suas armaduras oficiam de tensores (Figs. XII-20 e XII-21).



CORTE TRANSVERSAL DA IGREJA



PÓRTICO BI-ARTICULADO COM AS DEFORMAÇÕES PROVOCADAS PELO VENTO

Fig. XII-17. Paredes e cobertura, e o esquema de uniões em pórtico birotulado. (*-5).

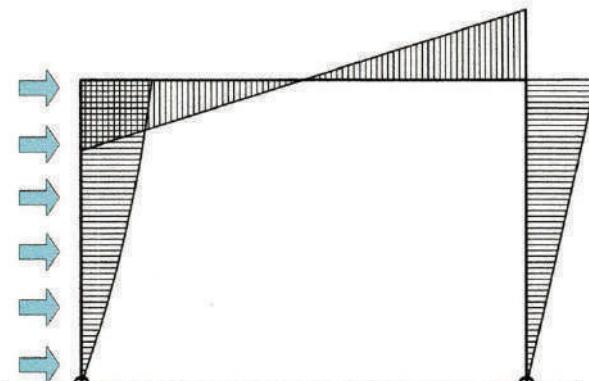


DIAGRAMA DE MOMENTOS PROVOCADO PELO VENTO LATERAL.
PÓRTICO BI-ARTICULADO

Fig. XII-18. Diagrama de momento do pórtico birotulado. (*-5).



Fig. XII-19. Viga ondulante de coroamento. (*-5).

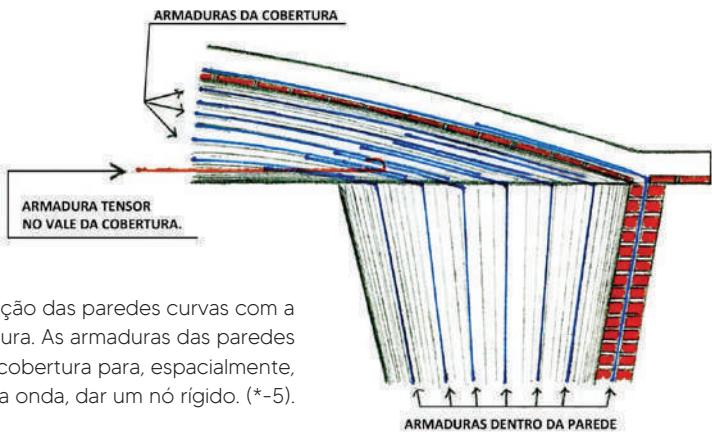


Fig. XII-20. Detalhe da junção das paredes curvas com a cobertura de dupla curvatura. As armaduras das paredes se juntam às armaduras da cobertura para, espacialmente, no conjunto de cada onda, dar um nó rígido. (*-5).

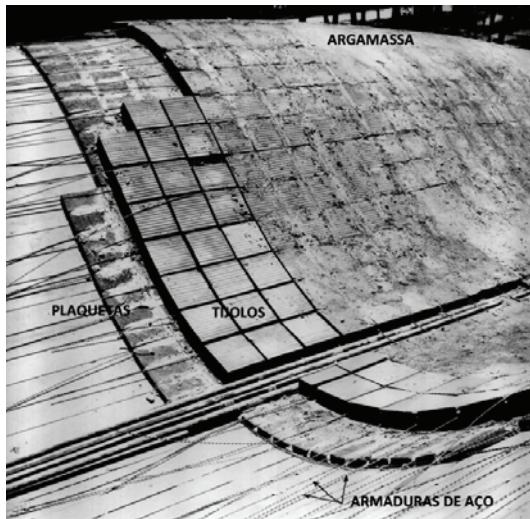


Fig. XII-21. Detalhe construtivo das diferentes camadas da abóboda de dupla curvatura e os tensores ocultos nos vales das abóbodas. Nota-se a complexidade da forma em dupla curvatura. (*-2).



Fig. XII-22. Nó rígido na junção da parede e a cobertura. (*-4.2).

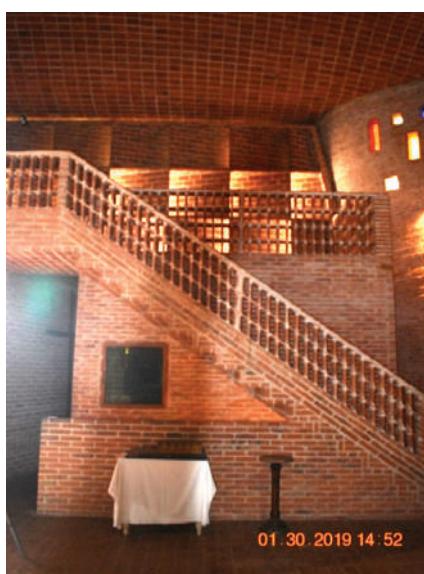


Fig. XII-23. Vista da escada que sobe ao mezanino em tijolo armado. Na parte de cima, a fachada vista por dentro. (*-5).



Fig. XII-24. A escada com seus guarda corpos em tijolo e, ao fundo, a união rígida da parede com a cobertura. (*-5).

2.1.5 – O mezanino do coro

Sobre a entrada principal está o mezanino, onde se posicionam os integrantes do coro. Estruturalmente, é uma lámina (laje) com tijolo armado por baixo e por cima. A parte de baixo é de tijolo comum de espelho e a parte de cima é de tijolo de grés de alta resistência,

o que faz uma dupla função: a estrutura resistindo à compressão e a de acabamento fazendo diretamente de piso. Quando tiver necessidade de fazer uma curva não existe problema, pois é uma lámina armada, que dispensa a viga.



Fig. XII-25. Vista externa por baixo da lámina do mezanino com tijolo de espelho. Na parte superior da foto, observa-se a lámina da cobertura em dupla curvatura. (*-5).



Fig. XII-26. Vista do mezanino desde o interior da Igreja. Piso, paredes e cobertura são de tijolo armado à vista. Realmente, foi deixado de lado o ângulo reto e o esquadro. (*-5).



Fig. XII-27. Igreja do Cristo Obreiro de Atlântida/Uruguai. Um jogo fantástico de texturas, cores, luzes e movimentos livres. Sem moldes nem formas, uma arquitetura surpreendente, um novo fazer arquitetônico. O pequeno tijolo é potencializado ao máximo. (*-7).

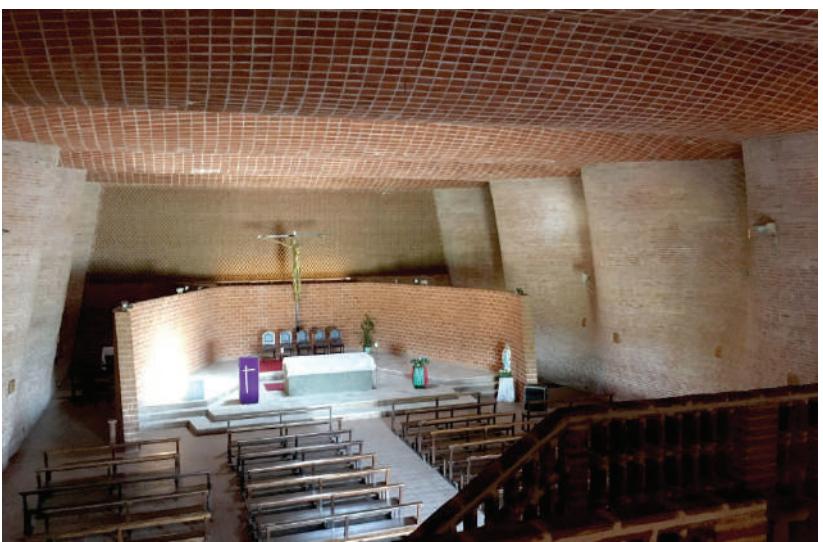


Fig. XII-28. Vista da nave desde o mezanino. (*-7).

2.1.6 – O campanário

O campanário é uma torre cilíndrica totalmente feita de tijolo armado. Aos efeitos do vento (250 km/h), a torre se comporta como uma mísula engastada nas fundações. As armaduras longitudinais da torre estão distribuídas no meio da parede dupla de meio tijolo em toda a volta.

No interior da torre, tem uma escada de caracol com degraus de tijolo em ambos os lados, que foram pré-moldados em tijolo armado e ficaram engastados na parede externa da torre. No momento em que a parede vai subindo (Fig. XII-32), o pedreiro vai engastando os degraus.



Fig. XII-29. Fachada da Igreja com o campanário. (*-5).



Fig. XII-30. Vista externa do campanário, todo ele é feito de tijolo armado. (*-5).



Fig. XII-31. Vista. (*-5).

Fig. XII-32. Visto de baixo para cima, no meio do campanário. Observe na escada de caracol os degraus em mísula, em tijolo armado engastados na parede externa da torre. (*-5).



2.1.7 – Considerações

Voltando a falar do conjunto da Igreja de Atlântida, é realmente uma obra impressionante e pioneira, uma genialidade que ensina e desafia os brios de nossa criatividade, chama-nos a largar as amarras de nossos preconceitos na hora de nossa imaginação.

Temos material mais econômico, tecnologia fácil e estruturação lógica; em nossas mãos, fica a liberdade para que façamos uma arquitetura bela e surpreendente. Na obra que mostraremos mais adiante, a Igreja em Alcalá de Henares, na Espanha, reafirmam-se os conceitos anteriores.

2.2 – IGREJA EM MONTEVIDÉU

OBRA

Igreja N. S. de Lourdes e Casa Paroquial
(1965/1968, obra inconclusa)

AUTOR

Eng. Eladio Dieste

LOCALIZAÇÃO

Malvin, Montevidéu – Uruguai

Esta obra tem a sua importância porque foi a primeira onde se projetaram as paredes com dupla senoide como geratrices. Os alicerces, bases das paredes externas, desenham uma senoide menor e, no topo da parede junto à cobertura de dupla curvatura, arrematam com uma senoide de maior flecha, as mesmas estão desencontradas em meio período.

Ao usar a criatividade, essa "arquitetura plástica", em que as armaduras retas no meio das paredes guiam os pedreiros, o efeito é mais surpreendente, visto que as armaduras se cruzam e as paredes balançam alternativamente, algo impensado anteriormente que surge naturalmente

e de forma econômica. Isso está aplicado na obra da Igreja São João de Ávila em Alcalá de Henares, na Espanha, porque essa obra foi completamente terminada, enquanto que na obra de Malvin, em Montevidéu, as paredes externas não foram feitas e a obra está paralisada.

Desse projeto se fez a Casa Paroquial e a torre do altar. Mesmo assim, o que está feito tem coisas interessantes e novidades, como tudo o que fazia Dieste. Na Casa Paroquial, a cobertura foi feita com abóbodas autoportantes e traz uma novidade, no caso, as abóbodas pergeladas (Fig. XI-33). A torre do altar é um símbolo à arquitetura de cerâmica armada.



Fig. XII-33. Igreja Nossa Senhora de Lourdes. A casa da paróquia e ao fundo a torre do altar. A obra foi paralisada, e o novo templo passará por cima do antigo, que será demolido. Observe as abóbodas pergeladas. (*-5).



Fig. XII-34. Sobre o terraço da sacada, temos as abóbodas autoportantes pergoladas, que não precisam de vigas. Isto é uma novidade das abóbodas. (*-5).



Fig. XII-35. Casa Paroquial, e do lado direito a antiga igreja que, pela paralisação da obra, nunca foi demolida. (*-5).

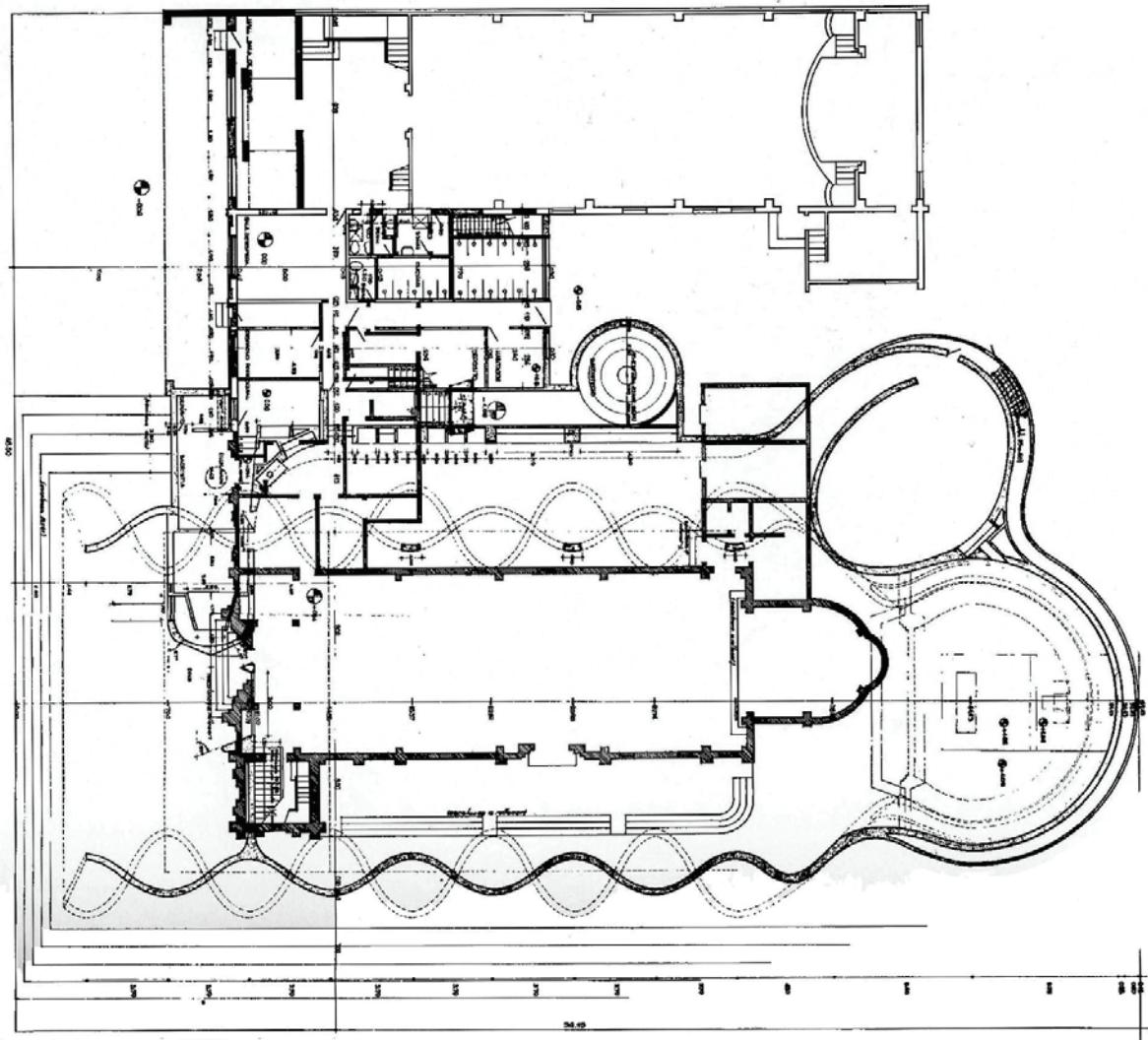


Fig. XII-36. Igreja Nossa Senhora de Lourdes. Planta do conjunto com a antiga igreja a ser demolida. (*-5).



Fig. XII-37.
Igreja Nossa Senhora de Lourdes, a nova igreja envolveria a capela atual, mas a obra foi paralisada. Ficou feita a torre do altar e a casa paroquial. (*-5).



Fig. XII-38.
Vista por trás da torre do altar. Foi feita com parede dupla e armaduras-guias, por estar estruturada com lâmina armada, o vento não a derruba. (*-5).

2.3 - IGREJA NA ESPANHA



OBRA
Igreja de São João de Ávila (1996)

AUTOR
Eng. Eladio Dieste

LOCALIZAÇÃO
Alcalá de Henares
(a 40 km de Madri)
- Espanha

Nesta igreja, o Eng. E. Dieste usa exatamente a mesma tecnologia que usou na igreja da Atlântida, no Uruguai. Quanto às paredes,

acrescentou uma variante, a geratriz da base, isto é, em vez de ser uma reta se transformou em outra senoide (Fig. XII-40).

Fig. XII-39. Fachada da Igreja de São João de Ávila em Alcalá de Henares, Espanha. (*-1).

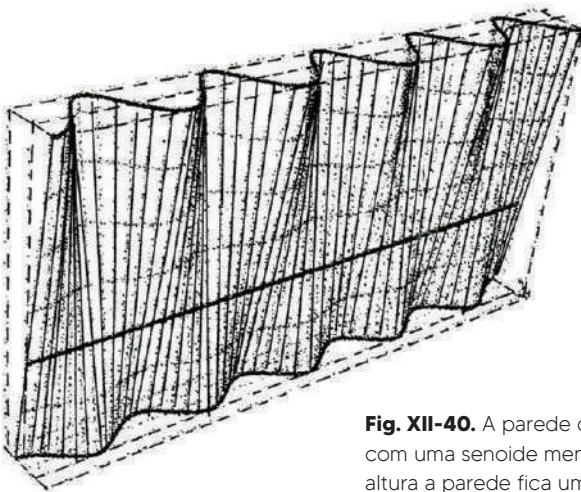


Fig. XII-40. A parede da igreja se gera com uma senoide menor na base, a certa altura a parede fica uma reta. (*-2).

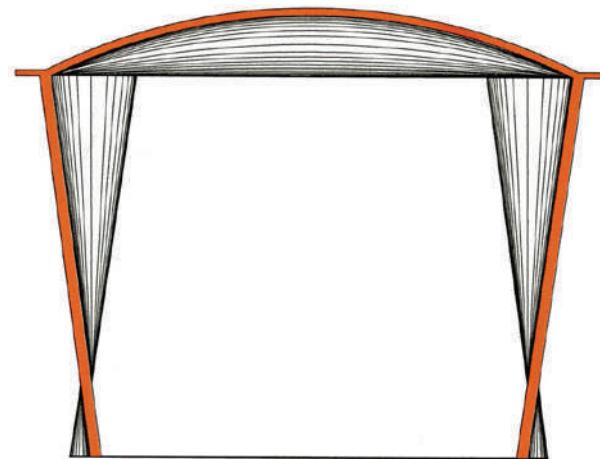


Fig. XII-41. Corte transversal da Igreja São João de Ávila em Alcalá de Henares. Pela rigidez da junção das paredes com a cobertura, a estrutura é um pórtico, e, pelo engastamento das paredes nas fundações, dizemos que o pórtico é biengastado. (*-5).

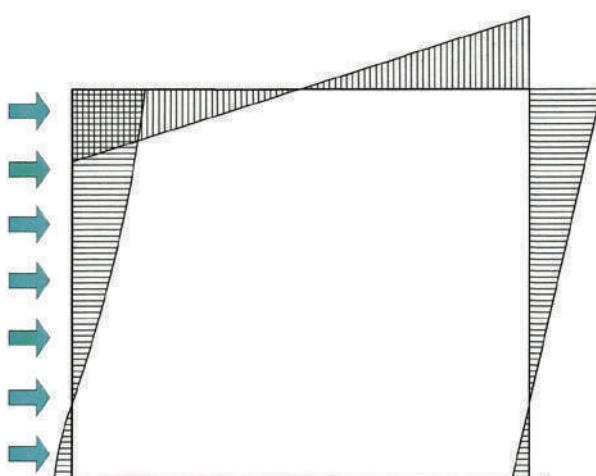


Fig. XII-42. Diagrama de momentos provocados pelo vento lateral. Pórtico biengastado. (*-5).

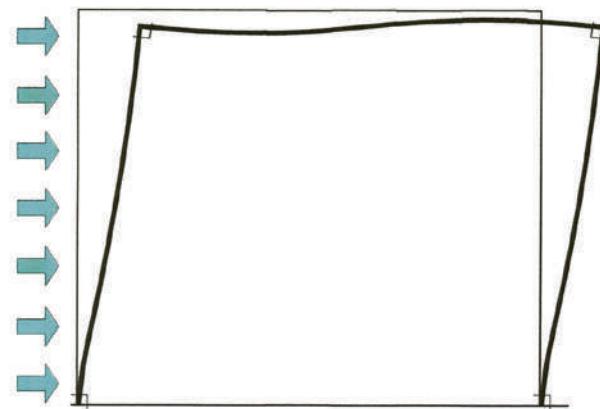


Fig. XII-43. Pórtico biengastado com as tendências de deformações e deslocamentos provocados pelo vento. Esta é uma representação esquemática plana do pórtico tridimensional que faz as paredes e a cobertura da igreja. Os 4 ângulos mantêm sua abertura inicial. (*-5).

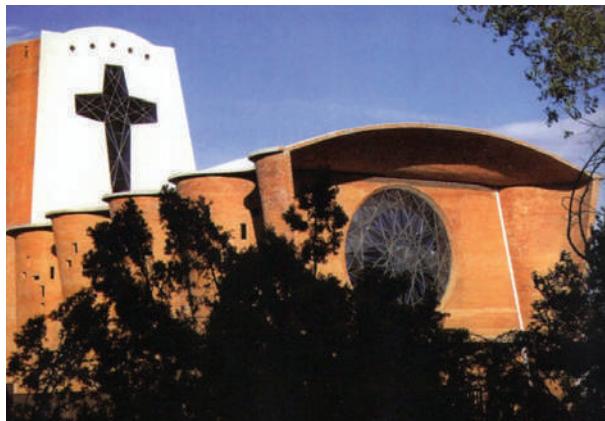


Fig. XII-44. Igreja São João de Ávila em Alcalá de Henares/Espanha (*-2).

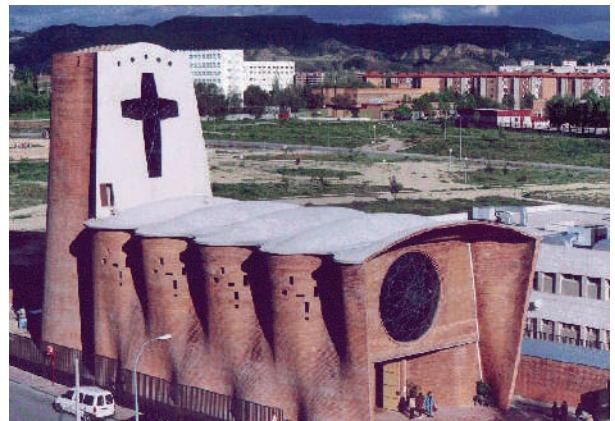


Fig. XII-45. Igreja São João de Ávila em Alcalá de Henares/Espanha, vista superior do conjunto, paredes com dupla senoide, uma no topo e outra na base. (*-2).



Fig. XII-46. Igreja São João de Ávila, vista do lado posterior. Em primeiro plano, a torre do altar; à continuação, a parede lateral em dupla senoide, tudo com a tecnologia de "paredes duplas com armaduras guias". (*-2).

2.4 - UM SHOPPING CENTER NO URUGUAI

OBRA

Montevidéu Shopping Center (1984)

PROJETO ARQUITETÔNICO

Arqts. Gomez Platero e Lopez Rey

PROJETO ESTRUTURAL

Eng. Eladio Dieste

LOCALIZAÇÃO

Montevidéu - Uruguai

O exemplo, além de ser feito com cobertura em tijolo armado, tem todas suas paredes externas onduladas em tijolo armado. Desta forma, além de amenizar esteticamente longos muros fechados, as

mesmas terão função estrutural. Pela declividade do terreno, algumas fachadas são de dupla altura e outras de um só pavimento.



Fig. XII-47. Acesso ao shopping ao nível intermédio. (*-5).



Fig. XII-48. Fachada lateral de dupla altura. (*-5).



Fig. XII-49. Detalhe da fachada principal. (*-5).



Fig. XII-50. Vista frontal das ondas. (*-5).



Fig. XII-51. Detalhe da fachada de dupla altura. A parede é sempre dupla com armaduras retas no meio. (*-5).



Fig. XII-52. Detalhe da parede junto a um acesso importante. (*-5).

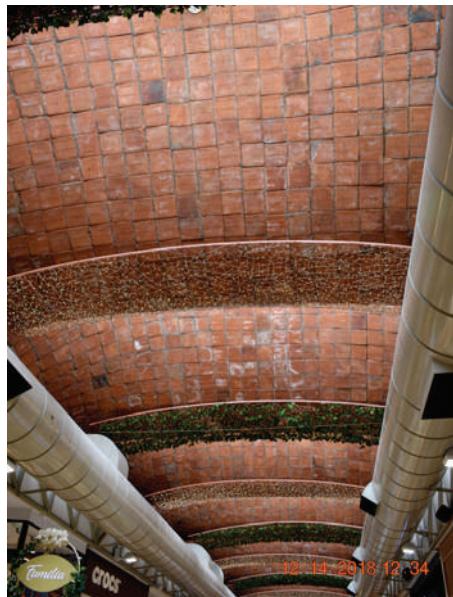


Fig. XII-53.
Vista da cobertura em tijolo armado, da circulação principal do Shopping com iluminação natural. (*-5).

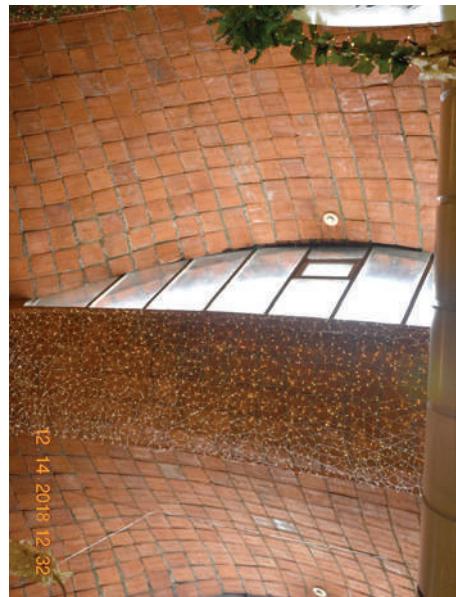


Fig. XII-54.
Detalhe da cobertura e da iluminação natural. (*-5).



Fig. XII-55. Detalhe da cobertura da circulação central, se fez como uma forma só, que dia a dia se desloca. (*-5).



Fig. XII-56. Os dutos do ar condicionado estão à vista. (*-5).

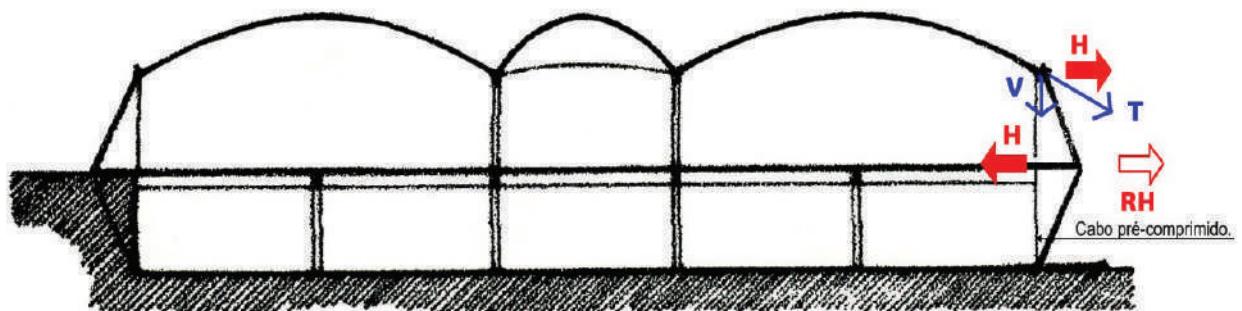


Fig. XII-57. Corte transversal do Shopping. Cobertura com 3 abóbadas. (*-5).

oficia de míscula no pé direito onde foi aplicada uma força inclinada **T** que desdobramos em **H** horizontal e **V** vertical.

A força **V** é absorvida pela parede em compressão, enquanto a força **H** provoca um momento

absorvido pela míscula vertical (parede). A força resultante **RH** = **H** provoca um deslocamento, que é absorvido pela reação **H** na laje do entrepiso.

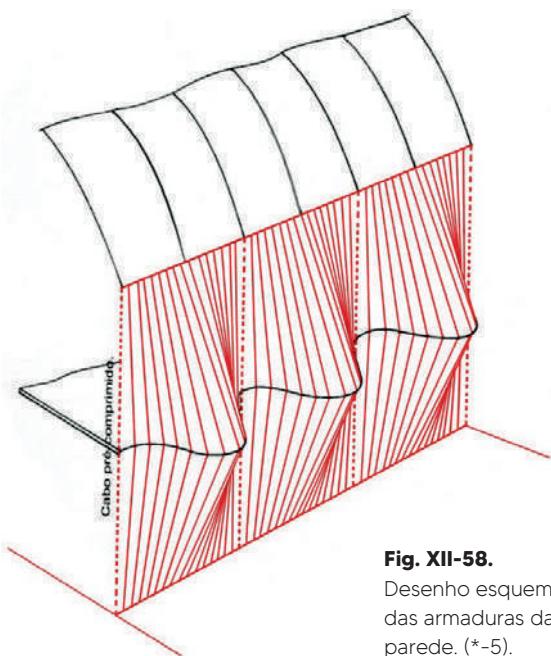


Fig. XII-58.
Desenho esquemático
das armaduras da
parede. (*-5).

3

OBRAS DO ARQ. ALBERTO BRIZOLARA,
REFERENTES À NOVA ARQUITETURA

3.1 - AMPLIAÇÃO DA CAPELA

OBRA

Capela N. S. de Fátima - Ampliação (2009)

AUTOR

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Bairro Espanha - cidade
de Minas/Uruguai

3.1.1 - Os motivos

O arquiteto foi chamado para fazer uma ampliação na capela e uma melhoria no restante, porque estava bastante deteriorada. O panorama era que existiam escassos recursos econômicos. Em acordo com o Padre da capela, estabeleceu-se que, na ampliação, estivesse destacado o altar, a presidência,

o átrio, os salmistas e o coro, e que deveria ser valorizado o lugar da imagem da Virgem e de Jesus crucificado. Considerando a diferença de construção, entre o existente e o novo, quis-se valorizar mais e destacar como um monumento a N. S. de Fátima, padroeira da comunidade.

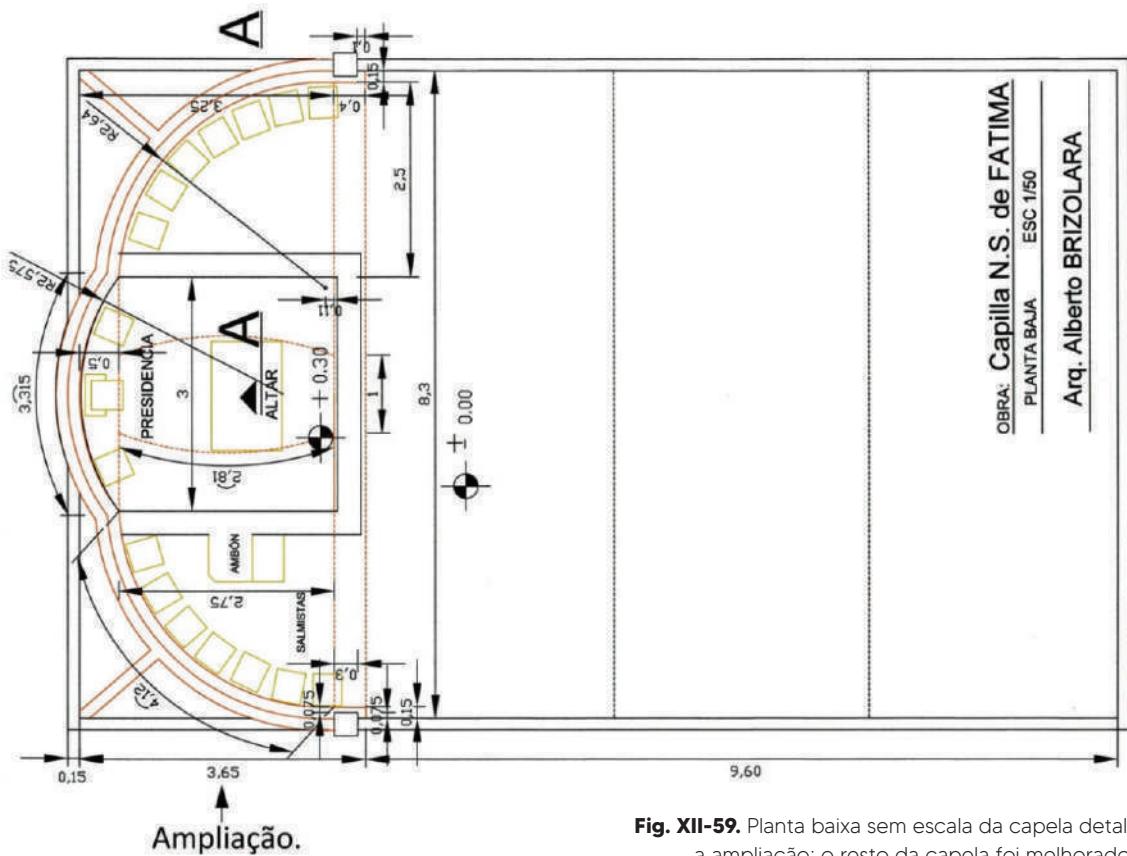


Fig. XII-59. Planta baixa sem escala da capela detalhando a ampliação; o resto da capela foi melhorado. (*-5).

3.1.2 – A criação dos espaços

A tecnologia construtiva desta obra se destaca porque sua volumetria vai sendo formada pelas armaduras que, dentro das paredes duplas, vão guiando a tarefa do pedreiro.

Não há formas, mas, sim, linhas retas, traços retos que transformam-se em superfícies curvas ao formarem o conjunto, parabolóides hiperbólicos ou até em superfícies Gauss de cerâmica armada. Nesse sentido, podemos dizer que as paredes vão sendo transformadas em cobertura curva; e esta metamorfose leva a uma arquitetura nova, a uma linguagem formal diferente.

Queremos estar pisando com os pés na terra e nos perguntamos: é uma utopia, algo que não se pode fazer ou se faz, só serve para casos isolados ou singulares?

Embora este seja um exemplo pequeno de pouca área construtiva, tem bastante complexidade formal, e foi construída por um grupo de pedreiros do interior do Uruguai, sem distingui-los de outros pedreiros de outras partes do mundo. Não se deu explicação prévia, com os projetos detalhados foi o suficiente para poder construir. Esclarecemos que os pedreiros não tinham experiência prévia.

Entendo, intuo, palpita dentro de mim como arquiteto, que se abrem inusitadamente caminhos para a imaginação criativa. O tempo e os arquitetos – artistas dirão o que vai acontecer, a tecnologia é fácil. Devemos ter presente que a tendência visual quase obrigatória nesta tecnologia é ter como acabamento o tijolo à vista ou a cerâmica que for, à vista. Também é bom esclarecer que as armaduras guias são, em

geral, extremamente finas, exemplo $\varnothing 3.6 \text{ mm.}$, e que dá algumas gramas de uso por m^2 , o custo leva ao mais econômico.

Nas ilustrações seguintes, pode-se observar que se fixarmos alguns elementos (a viga triangular, o anel curvo intermédio, o anel retangular superior e as paredes curvas dos cantos, com linhas retas – as armaduras), surge o formato do resto.

Fig. XII-60. Vista esquemática superior da ampliação e as armaduras guias. (*-5).

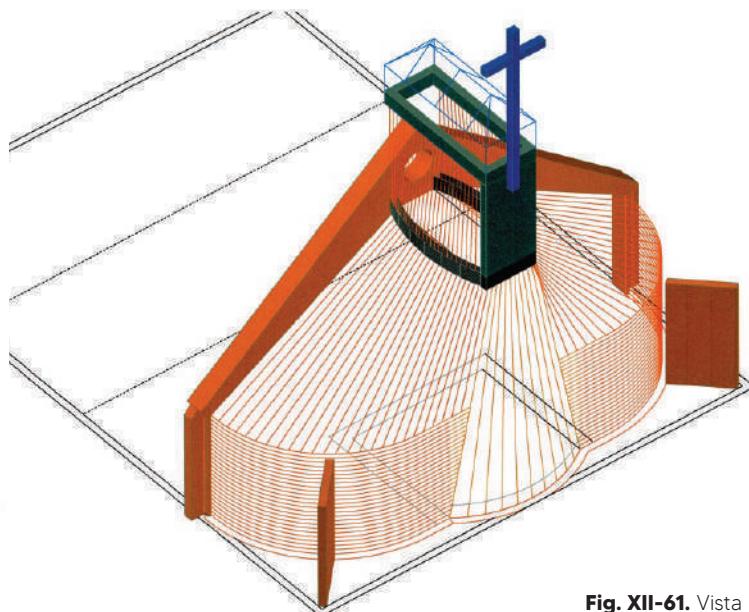
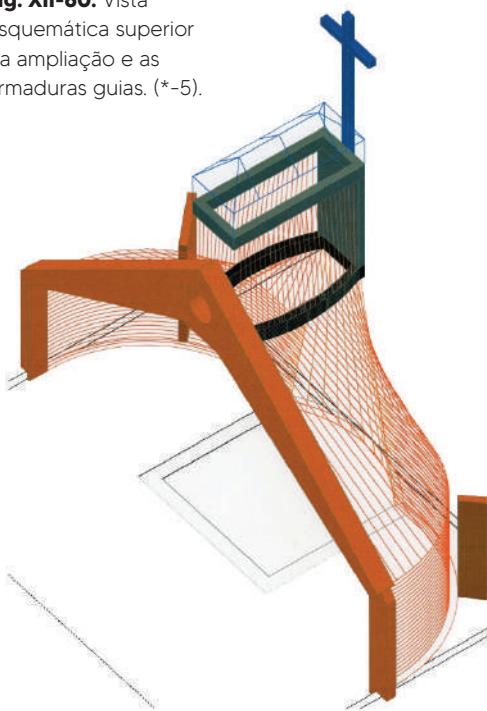


Fig. XII-61. Vista esquemática posterior ao que vai ser a ampliação. A parte existente vai ser reacondicionada. (*-5).

3.1.3 - O processo da obra

Para construir foram estabelecidas etapas. As armaduras são CA 50 ou CA 60, quando colocadas com antecedência ao tijolo, são esticadas e bem seguradas nas pontas, e não são tensadas, elas guiam a parede.

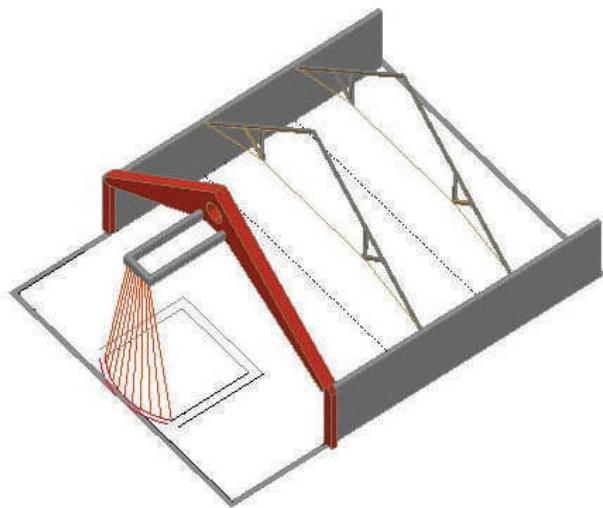


Fig. XII-62. ETAPA 1 – Após as fundações, faz-se a viga triangular e seus pilares. Logo se faz a parede do abside. Esta parede é de duplo tijolo com armaduras guias no meio, o anel intermédio se faz à continuação, estará apoiado na parede e na viga triangular que deixou armaduras de espera. Este anel receberá armaduras da parede – cobertura. (*-5).

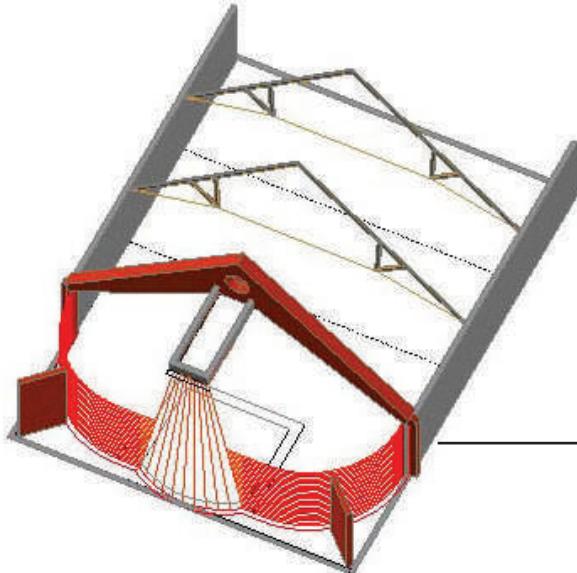


Fig. XII-64. ETAPA 3 – Nesta etapa, estenderam-se as armaduras que saem das paredes curvas e chegam ao anel intermédio. Estas armaduras ultrapassam este anel e chegam ao anel superior. Após se faz a alvenaria inclinada, guiada pelas armaduras. Neste caso, ou noutro que se faça necessário se a parede - cobertura é muito inclinada e os tijolos escorregam, recorre-se ao detalhe (Fig. XII-82) para evitar este problema. (*-5).

Fig. XII-63. ETAPA 2 – Nesta etapa, faz-se a parte de fora de 1/2 tijolo das paredes curvas que será de tijolo duplo. 1 m. abaixo do topo da parede se colocam, entre as paredes, as pontas das armaduras com sua dimensão total, que serão as guias e armaduras da parede - cobertura que vai ao anel intermédio. Sempre trabalhando com argamassa de cimento e areia se levanta a parede do lado de dentro. Esta será cuidadosamente elaborada, pois ficará com tijolo à vista. Também se fazem as paredes diagonais travadas com as paredes curvas. Sobre a parede curva se arremata com uma cinta de concreto (vide corte detalhe (Fig. XII-70). (*-5).

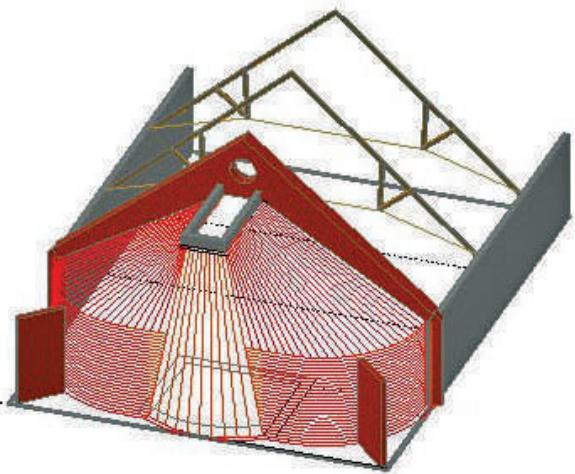
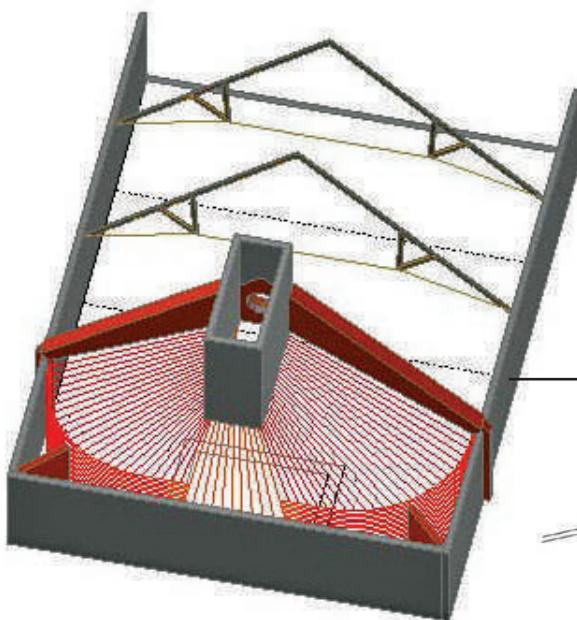


Fig. XII-65. ETAPA 4 – Agora, do anel Intermediário, que tem 2 vigas curvas, sobre elas levantamos as paredes duplas até chegar ao retângulo do lanternim, sempre seguindo as armaduras guias (vide Fig. XII-70 corte detalhe). Segundo o projeto, em cima desse retângulo levantamos mais 4 fiadas de tijolo. Lembramos de que a parede interna terá sempre acabamento de tijolo à vista. Nesta etapa, são completadas as paredes externas da capela. (*-5).



Esclarecemos que, no projeto e na obra, o anel intermediário é curvo, enquanto o anel superior é retangular.

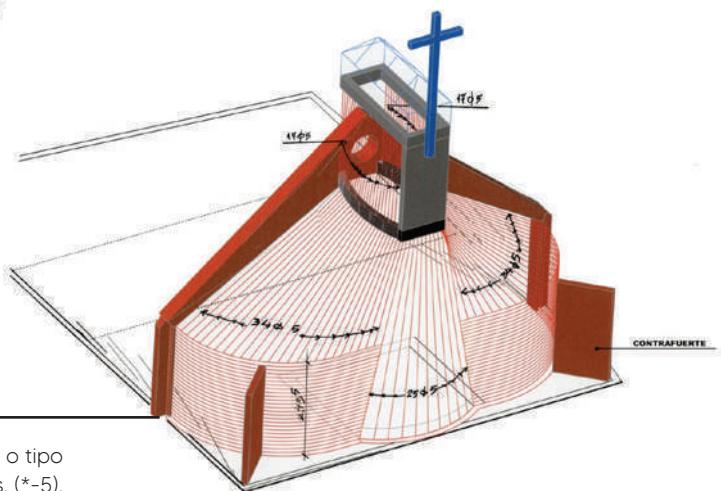


Fig. XII-66. Documento da obra no qual indica o tipo de armadura e a quantidade das mesmas. (*-5).



Fig. XII-67. As armaduras apresentadas, mas ainda não esticadas e seguradas na posição. (*-5).

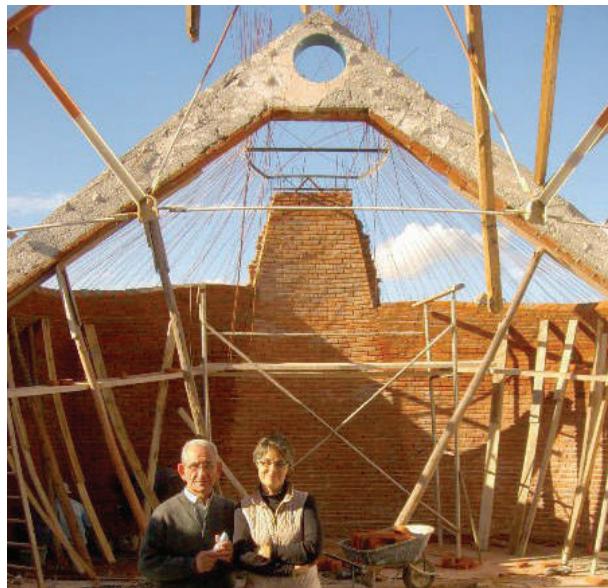


Fig. XII-68. A parede do abside pronta onde se apoiará o anel curvo intermédio. Estão apresentadas as armaduras que passam pelo anel. (*-5).

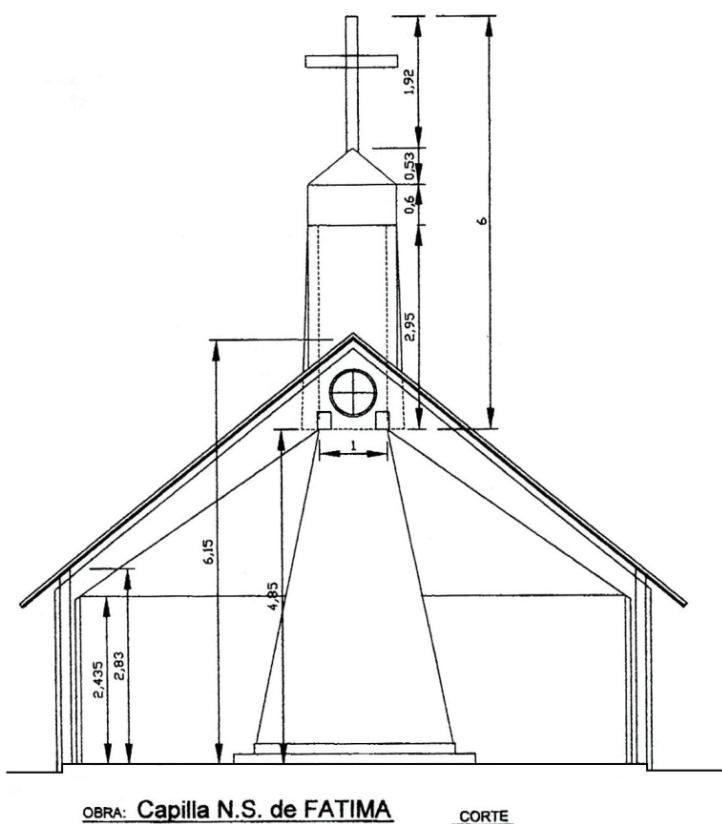


Fig. XII-69. Corte transversal. (*-5).

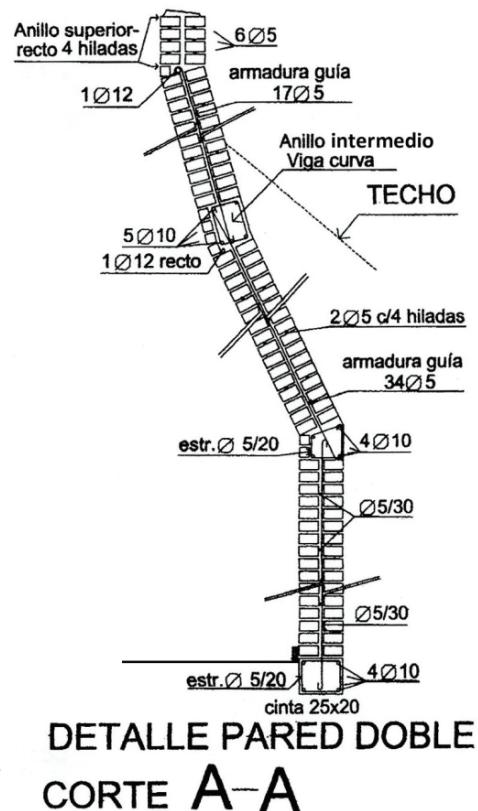


Fig. XII-70. Corte detalhe. Observe de baixo para cima a viga baldrame, o anel na junção da parede curva com a inclinada. Mais acima o anel intermédio e no topo o anel superior com 4 fiadas de tijolo armado. (*-5).

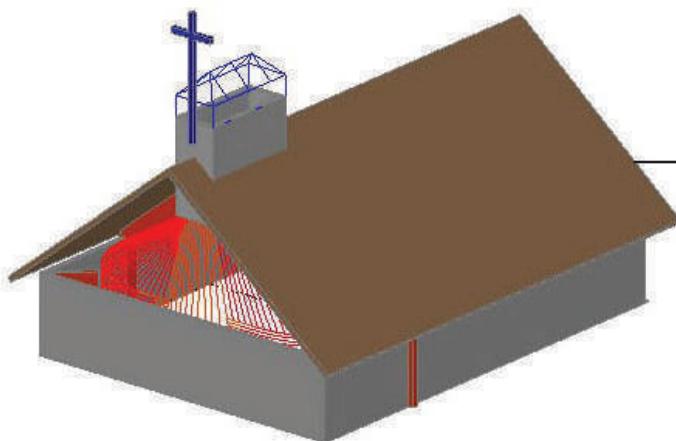


Fig. XII-71.

ETAPA 5 – (última). No final, faz-se o resto das paredes externas, completa-se o telhado e o lanternim com a cruz e as vidraças. (*-5).

Quando o projeto arquitetônico estabelecer as partes das paredes duplas de tijolo armado, poderão ser impermeabilizadas e ficarem à vista sem o telhado por cima.



Fig. XII-72.

Mostra a junção da parede curva com a parede do abside com a parede - cobertura. (*-5).



Fig. XII-73.

Vemos a saída da viga triangular, a parede curva, a parede-cobertura, a parede do abside. Todas as paredes se juntam harmonicamente com curvaturas e inclinações diferentes. (*-5).



Fig. XII-74.

A parede - cobertura procurando o lanternim. (*-5).



Fig. XII-75.

A chegada da parede inclinada ao anel intermédio, que é o começo do lanternim, de onde virá o jato de luz. (*-5).

3.1.4 – A obra acabada



Fig. XII-76. Combinado com a iluminação, na parte superior, sobre J. Cristo ficou insinuado o elo da Santidade e desde o crucifíxio jatos de luz. (*-5).

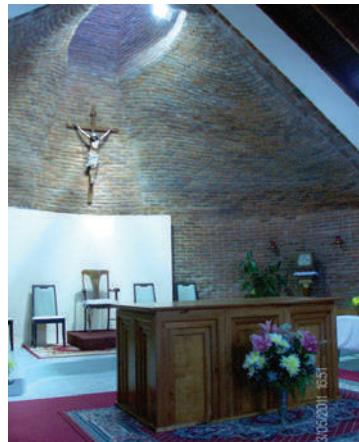


Fig. XII-77. Vista da presidência desde o altar em primeiro plano. Nota-se que o foco de luz ficará escondido do público, dentro do tubo do lanternim. (*-5).



Esta temática referente à realização de um ofício religioso, em que se destacam os valores espirituais da fé, da esperança e da caridade, exige ao criador do espaço uma valorização diferenciada para cada momento do rito religioso.

Fig. XII-78. O padre está oficiando missa e desde os feligreses não são vistos os focos de luz. (*-5).



Fig. XII-79.
A Virgem padroeira em lugar de destaque junto à parede curva, perto do altar. (*-5).



Fig. XII-80. A parede curva serviu para destacar a imagem da virgem. (*-5).



Com esta tecnologia que permite uma variedade imensa na criação de formas, volume e espaços, a imaginação arquitetônica se vê favorecida pelas possibilidades que oferece.

Fig. XII-81. Do lado oposto, na outra parede, destaca-se o santíssimo. (*-5).

3.1.5 – Detalhes construtivos

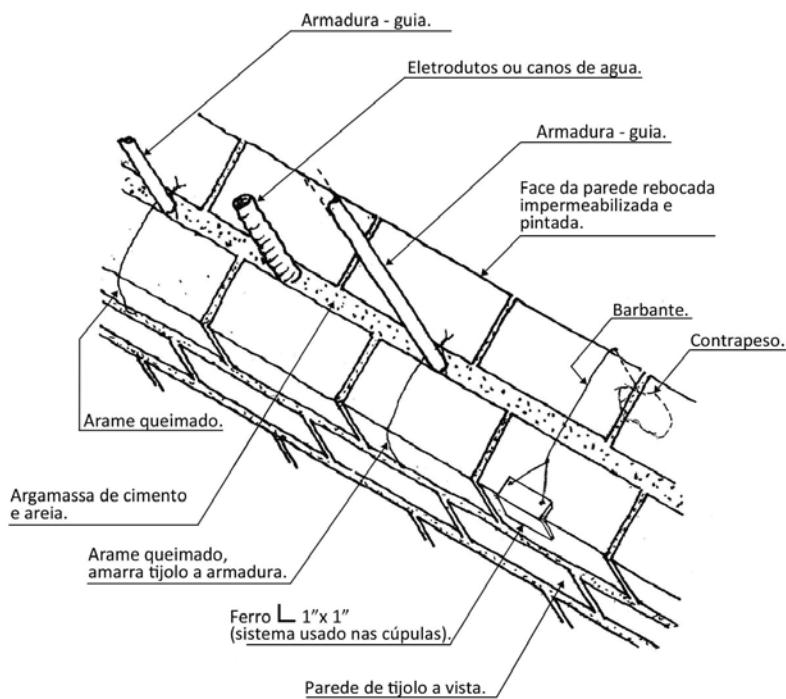


Fig. XII-82. Detalhe da parede dupla de 1/2 tijolo, inclinada, com amarração de tijolo a armadura-guia. (*-5).

Quando a parede é muito inclinada e reta, ou quase reta, pode acontecer de, ao querer fazer muito rápido, algum tijolo apresentar tendência a escorregar. Neste caso, amarramos os tijolos às armaduras que estão ao lado.

Quando a parede é curva, a sustentação é sempre mais fácil (como as cúpulas). No exemplo

da Igreja N. S. de los 33, as paredes têm pouca curvatura. Nesse caso, usaram-se tijolos assentes com a sua face mais horizontal (Fig. XII-94). Isso o pedreiro habilidoso resolve, ou com a textura da argamassa, ou com o teor de água. O sistema de ferro ângulo e contrapeso é o usado na construção das cúpulas.

3.1.6 – Conclusões

O maior ensinamento que tivemos na ampliação desta pequena capela é que os espaços foram criados respondendo a uma funcionalidade espiritual, e que

a ferramenta usada para essa intenção foi o sistema construtivo das superfícies regradas, utilizando o tijolo e as armaduras retas.

3.2 – IGREJA COM PARABOLÓIDES HIPERBÓLICOS NO URUGUAI

OBRA

Igreja de N. S. de dos 33 Orientales (1968)

AUTORES

Arqts. José Miguel Aroztegui
e Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Cidade de Treinta y Tres/Uruguai

3.2.1 – As determinantes

O projeto estrutural também foi feito pela dupla de arquitetos mencionados. Novamente, neste projeto, apresentamos uma nova arquitetura, baseada na tecnologia das armaduras retas que guiavam os pedreiros.

Esta igreja começou com uma planta baixa quadrada e chegou ao topo com uma planta em forma de losango. Se tivéssemos a mentalidade fechada ao esquema do prumo e do esquadro, seguiria quadrada. Com a liberdade que nos dá ao pensamento, esta forma de construir com tijolo armado, a modo de exemplo, poderíamos ter chegado ao topo com dois arcos de circunferência enfrentados ou numa

senoide ou etc., etc., e o pedreiro só seguiria as armaduras (Fig. XII-85). Esta é uma igreja numa cidade do interior do Uruguai, e a problemática era quase a mesma de outras igrejas: pouco dinheiro, muitos tijolos doados ou comprados a baixo preço.

De acordo com o terreno, as paredes formam um quadrado na sua base e, no seu topo, o projeto estabeleceu um losango. Sendo assim, com as quatro paredes teremos quatro parabolóides hiperbólicos, ou seja, quatro superfícies curvas e regradas (Fig. XII-83). As guias para levantar a alvenaria foram as armaduras no meio das duplas paredes de meio tijolo (Fig. XII-86).

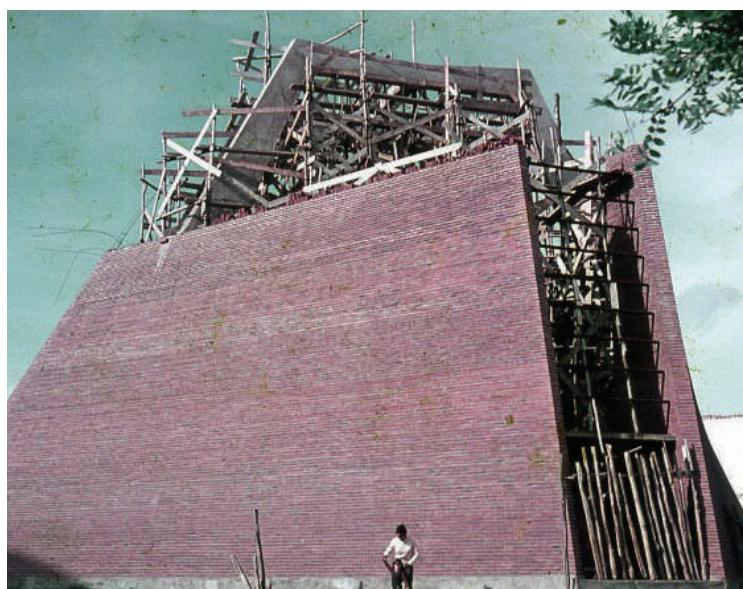


Fig. XII-83. Na Igreja em construção, nota-se a curva das paredes guiadas por duas retas. Sem consultar os profissionais, lamentavelmente, esta Igreja foi rebocada por fora sem deixar um acabamento condizente. (*-5).

3.2.2 - O esquema espacial

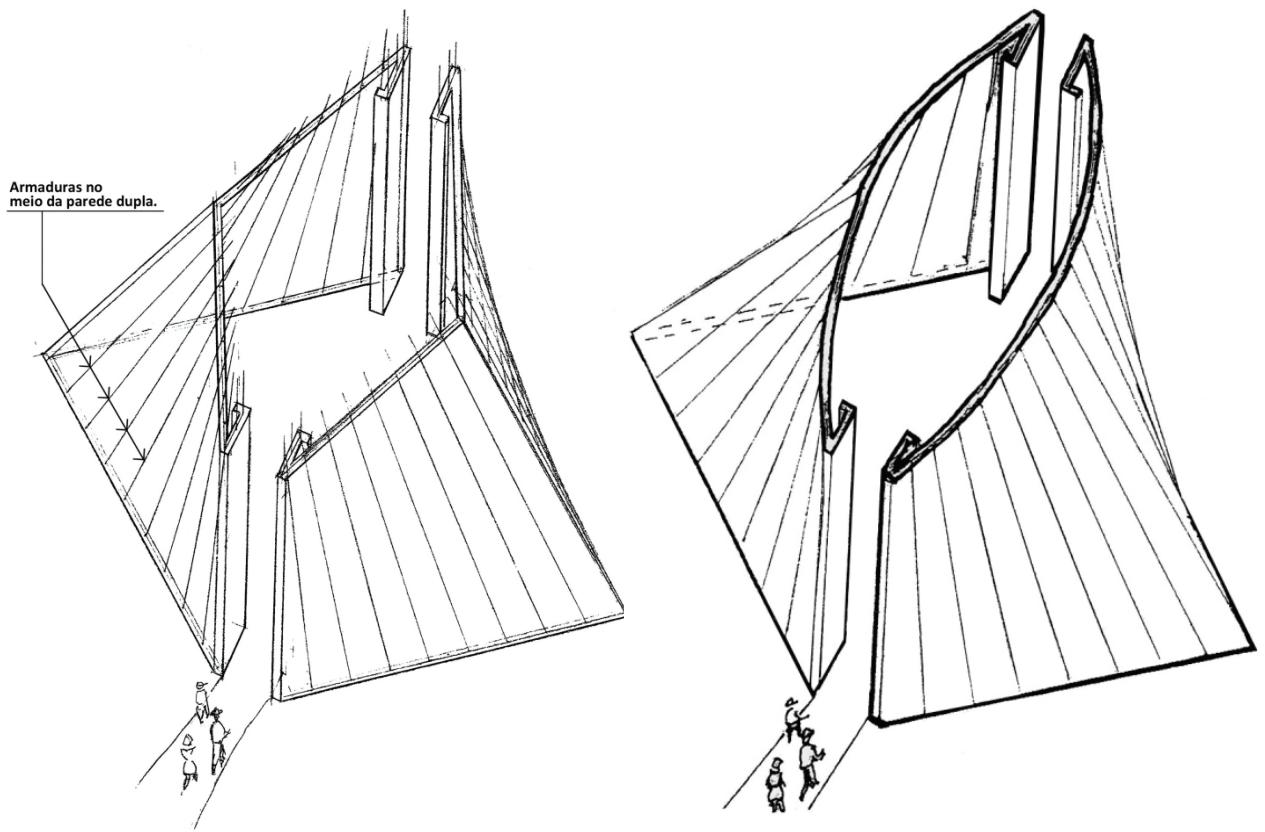


Fig. XII-84. Esquema do formato das paredes, a base reta da parede se cruza, ou seja, não é paralela à reta do topo da parede. As armaduras são retas que guiam o levantamento da parede. (*-5).

Fig. XII-85. Este croqui se fez a modo de exemplo, para mostrar que o topo da parede pode ter o formato que quiser. (*-5).

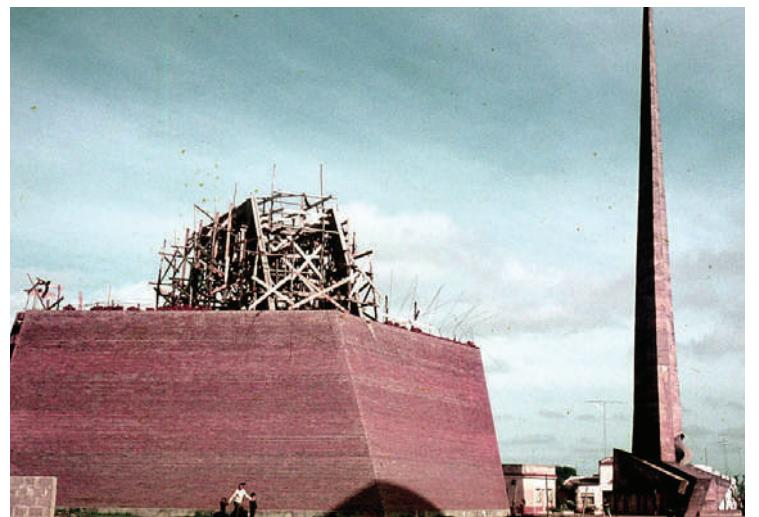


Fig. XII-86. Parede em construção. As armaduras no meio da parede. (*-5).

Fig. XII-87. A Igreja em construção, perto do obelisco da cidade. Infelizmente, a mesma foi rebocada por fora, sem um bom acabamento. (*-5).



Fig. XII-88. Detalhe da parede do lado interior. (*-5).

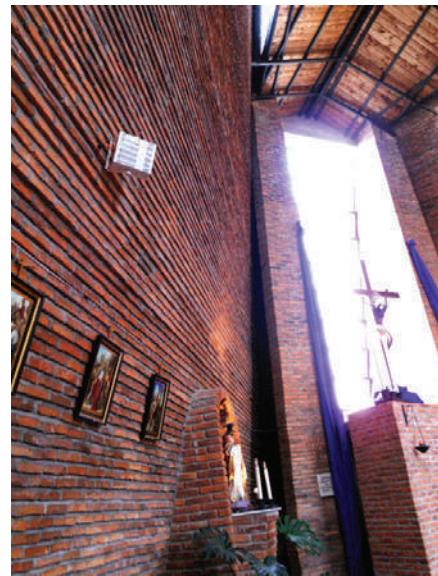


Fig. XII-89. Observe a parede inclinada referente à parede vertical. (*-5).

3.2.3 - Levantando as paredes

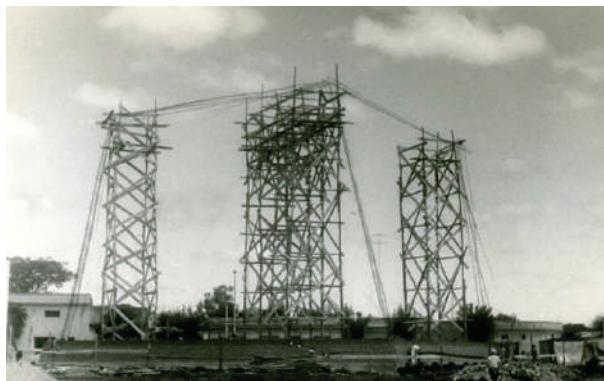


Fig. XII-90. Logo de feitas as fundações, inicia-se a levantar andaimes para estabelecer espacialmente a volumetria da Igreja. (*-5).

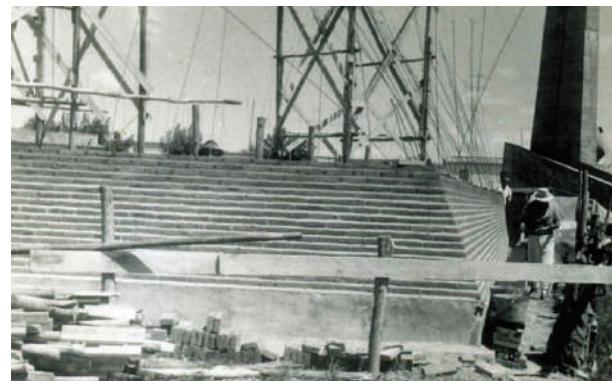


Fig. XII-91. Seguindo a foto anterior, amarram-se as armaduras, elas serão as guias para levantar as paredes. (*-5).



Fig. XII-92. Vista lateral do interior. Vemos a inclinação para dentro das paredes e seus tijolos escalonados. (*-5).



Fig. XII-93. Vista externa, onde se observam as paredes retorcidas (parabolóides hiperbólicos). Sem autorização e sem uma solução contra a fuligem, o reboco externo prejudicou a estética. (*-5).

3.2.4 – Um detalhe

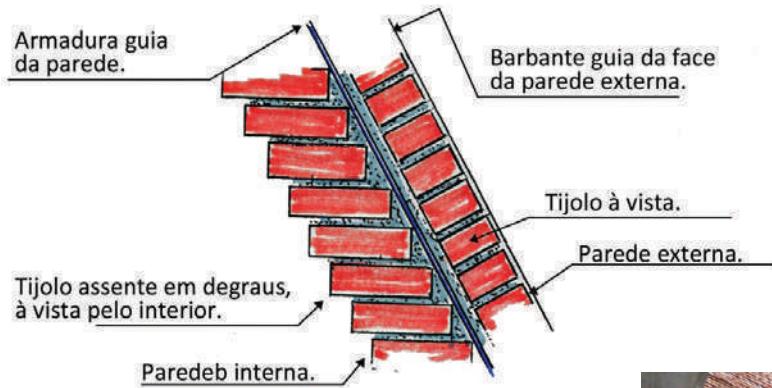


Fig. XII-94. Detalhe: corte da parede inclinada da Igreja. Normalmente, usam-se barbantes paralelos às armaduras para dar mais regularidade à parede. As paredes sobem juntas. As duas paredes poderiam ser de 1/2 tijolo. (*-5).

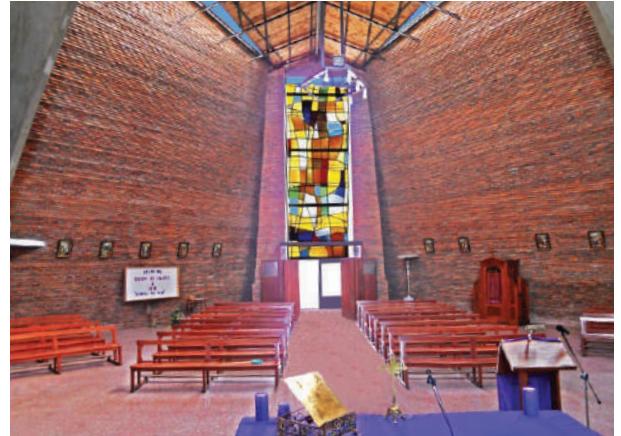


Fig. XII-95. Interior da Igreja.
Vista desde o eixo principal,
o vitral não foi feito. (*-5).

3.3 – CONSTRUÇÃO COM PAREDES AUTORESISTENTE

OBRA

Igreja Sagrado Coração de
Jesus (1967 – 1987)

AUTOR

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Rivera – Uruguai

3.3.1 – Contribuição a uma nova arquitetura

Esta obra já foi abordada no Cap. III desta publicação. Todavia, voltaremos a falar dela, pois é também uma das obras pioneiras na tecnologia das "paredes duplas de tijolo com armaduras guias". Certamente, esta igreja tem a influência da igreja

de Atlântida, do Eng. E. Dieste, que foi feita no ano de 1960.

Nesta igreja, já estava despontando uma arquitetura mais liberada, toda de tijolo armado. Uma

arquitetura com a expressividade do tijolo à vista e a leveza dada pelas curvas.

Mesmo sendo um exemplo que pode ser considerado tímido, já é mais uma porta que se abre para uma "Arquitetura Plástica", com impulsos criativos diferentes. O projeto ainda tem o apego da arquitetura da régua e do esquadro.

A planta baixa do templo é levemente retangular, mas a nova tecnologia envolve todo o retângulo. Este

formato nas paredes surge para dar uma resposta muito racional às exigências de um comportamento estrutural. Paredes altas de tijolo à vista, sem pilares e vigas, resistentes aos esforços perpendiculares do vento em ambas as faces.

A geratriz da base poderia ser com outro formato, por exemplo, uma poligonal. No entanto, entendeu-se que pela pequena dimensão do tijolo, a curva evitava as arestas e dava uma perfeita continuidade na parede.



Fig. XII-96.

No croqui aquarelado (1966), procurou-se mostrar a harmonia entre a curva da parede, as curvas da cobertura e as abóbodas da passarela transversal, deixando o chamado de atenção para a passarela plana penetrante. (*-5).

3.3.2 – Paredes autoresistentes



Fig. XII-97. Em obra, as paredes prontas com duplo tijolo e armaduras guias no meio das mesmas que sobressaem na espera do telhado. (*-5).

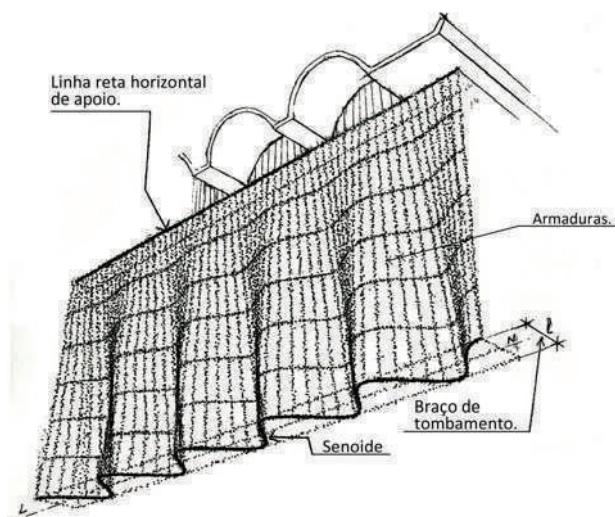


Fig. XII-98. O desenho mostra que a geratriz reta horizontal do topo tem seu prumo no eixo médio longitudinal da senoide da base. (*-5).



Fig. XII-99. Esta robustez dada pela base maior relembrava as igrejas coloniais, com parede mais robustas na base. Isso vem ao encontro de um sentimento de humildade requerida para a Igreja. (*-5).



Fig. XII-100. Vemos como se gera a parede e quem guia são as armaduras. (*-5).

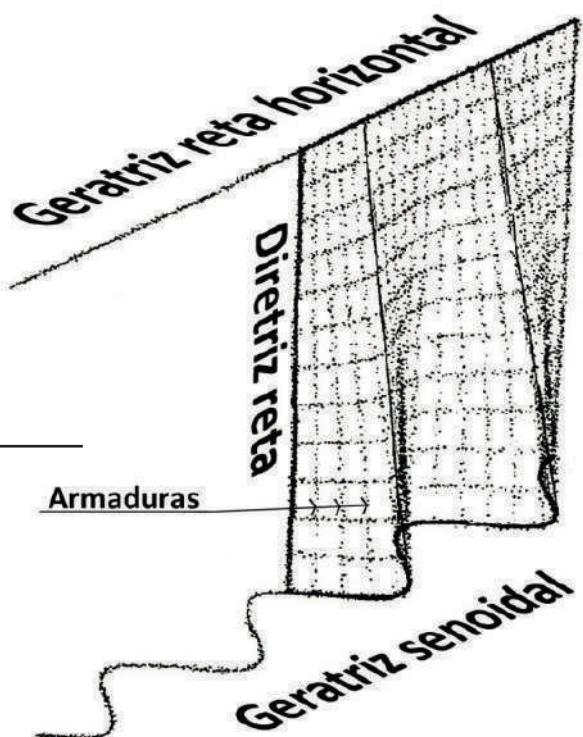


Fig. XII-101. A parede em construção é guiada pelas armaduras. Estas armaduras estão fixas sobre um canto reto. Para caprichar no acabamento, esticam-se barbantes presos a arames paralelos ao cano das armaduras. (*-5).



3 Figs. XII-102. Este conjunto de figuras mostra a chegada da parede com o seu movimento na cobertura, também mostra o acabamento do tijolo. É necessário que seja um bom pedreiro, nada excepcional. Na foto do meio, o visual é interno. (*-5).

3.3.3 – A obra finalizada



Fig. XII-103. Vista do acesso. (*-5).



Fig. XII-104. O altar é na lateral do retângulo. (*-5).

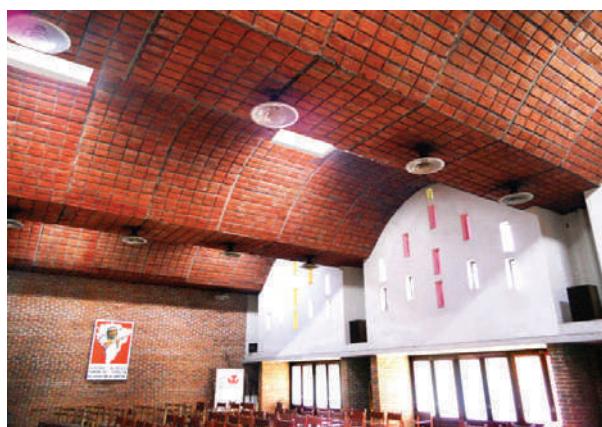


Fig. XII-105. O acesso ao interior do templo se faz pelo lado oposto ao altar. (*-5).



Fig. XII-106. A parede não tem janelas para o exterior a fim de dar mais recolhimento, a iluminação é zenital distribuída. (*-5).

3.3.4 – Construção da casa Paroquial

OBRA

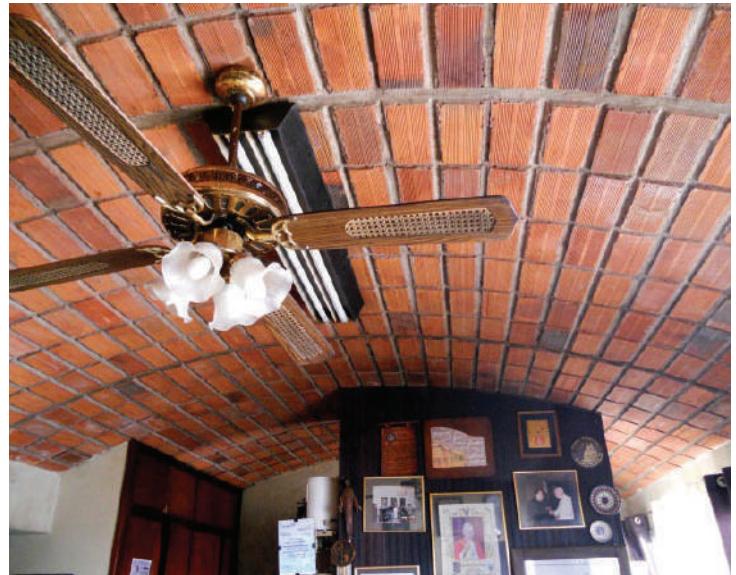
Casa Paroquial na
Igreja do Sagrado
Coração – Rivera – Uruguai

AUTOR

Arq. Alberto Brizolara

LOCALIZAÇÃO

Rivera – Uruguai



2 Figs. XII-107. O diferente desta residência, construída para o Padre da paróquia, é que a abóboda tem uma flecha pequena, 10% da corda, e que foi feita com tijolo 4 furos. (*-5).

3.3.5 – Conclusões sobre a obra da igreja

Em toda a obra, usou-se tecnologia nova à época, as paredes foram duplas de tijolo armado e as coberturas todas em abóboda; o templo e a casa paroquial foram feitas com o sistema P. e C. (Pré-moldados longitudinais e Cambotas).

O resultado econômico foi excelente, o custo/ m^2 foi bem menor do que a metade do custo normal. O tempo longo de obra foi consequência

da falta de verba da comunidade. Se isso não acontecesse, o tempo de obra seria menor do que o tempo normal. Isto se deve a que a abóboda não precisa de forma para sua montagem, e os que seus componentes são pré-moldados no canteiro de obra (Sistema P. e C.). Referente às paredes, levantam-se lentamente, mas depois não levam acabamento, já ficam prontas.

4

INFLUÊNCIA DO ARQ. VICENTE SARRABLO NA NOVA ARQUITETURA

No capítulo X, descrevemos os trabalhos do Arq. Vicente Sarrablo em cerâmica armada. É necessário destacar que suas pesquisas e invenções levam a um novo caminho da criação arquitetônica. Mostra como a nova tecnologia permite soluções que dão uma continuidade entre paredes e cobertura, pavilhão da HYSPALYT ou casa Mingo, etc. (Figs. X-48, X-56 e X-57). É um novo conceito do espaço, a continuidade com movimento cambiante e dinâmico surpreende, com riqueza de potenciais espaciais fluidos.

Estas possibilidades de novas estéticas chamam os arquitetos para ver um novo conceito do espaço. Se vivenciamos uma nova e completamente diferente era tecnológica, porque não podemos lançarmos a uma imaginação criativa inusitada. O *Flexbrick* também é usado com outros objetivos, por exemplo, como acabamento para pele externa de edifícios (Fig. XII-108) e também para piso vazado de jardim (Fig. XII-109).

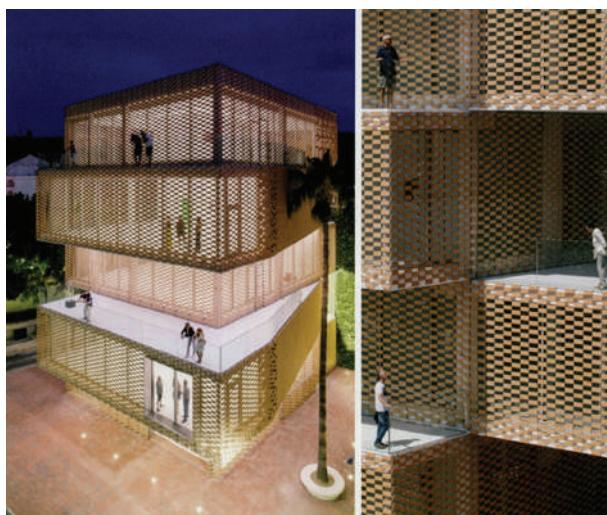


Fig. XII-108. Acabamento, pele externa de edifícios.



Fig. XII-109. Piso Vazado de Jardim.

5

*Ânimo, faça o que é fácil,
tecnologicamente está tudo
explicadinho; libere-se do prumo,
deixe-se invadir pela curva, você
é sempre jovem na criação.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADELL ARGILÉS, Joseph María. Las Bóvedas de la Atlántida. *Informes de la construcción*. Instituto Eduardo Torroja, Madrid, Vol. 44, n. 421, p. 113-123, setembro-outubro, 1992.
- BARRETS. *Ensaios e Teoria de Cálculo de Abóbadas Autoportantes*.
- BENEVOLO, Leonardo. *Historia de la Arquitectura Moderna*. 8ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2002. 1196 p.
- CARBONELL, Galaor (Org). *Eladio Dieste – La estructura cerámica*. Bogotá, Universidad de los Andes (Colombia) & University Of Miami (USA): Escala, 1987, 286 p.
- CASSINELLO, Fernandd. *Bóvedas y cúpulas de ladrillo*. Manuales y normas del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, 1969, 25 p.
- CURCIO, Luis. *Curso de Estabilidad de las Construcciones III*, Buenos Aires, UBA, 1965, 33 p.
- DE HOUSE, N. M. *Les Convertures em Voile Mince de La Forme Cilindrique*, Universidad de Liege, 1955.
- DIESTE, Eladio; MONTANEZ, Eugenio R. *Bóvedas arco de directriz catenaria en cerámica armada*. Montevideo: UNESCO, 1985, 49 p.
- DIESTE, Eladio. *Cáscaras autoportantes de directriz catenaria*. Ediciones de la Banda Oriental. Montevideo, 1987.
- DIESTE, Eladio. *Descripción de algunos equipos para la construcción de bóvedas*. Revista de ingeniería 3ª época, Vol. 3, n. 9, p. 8-21. Montevideo, AIU, 1991.
- DIESTE, Eladio. Montevideo *Shopping Center. Summa*, Buenos Aires, n. 221/222, p. 82-84, janeiro-fevereiro 1986.
- DIESTE, Eladio. *Pandeo de láminas de doble curvatura*. Montevideo: ed. Ediciones de la Banda Oriental, 1986, 60 p.
- Dieste, Eladio Cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos/Eladio Dieste. - Montevideo: Banda Oriental, 1985. 121 p. : il. ; 26 cm.
- DIESTE, Eladio. *Cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos*. Montevideo: ed. Ediciones de la Banda Oriental, 1985, 126 p.
- DI PAULA, Jorge. Eladio Dieste: Trascendencia de una experiencia creadora. *Trama*, Quito, n. 12, 1979.
- FLÜGGE, Guillermo. *Estática e Dinâmica das Cascas*. Estática y dinámica de Cascarones. Ing. Guillermo Flügge. Traducido por Pablo H. Arriaga. Editora de Libros Técnicos Avance. Primera edición. México, 1949. 241 páginas. Firmado por el traductor. Pasta dura. En excelentes condiciones.
- GALLO, Atilio. *Diseño de estructuras – Tomo I*. Montevideo: I.C.E., Facultad de Arquitectura, UdelaR., 1959, 71 p.
- GALLO, Atilio . *Diseño de estructuras – Tomo II*. Montevideo I.C.E., Facultad de Arquitectura, UdelaR., 1959b, 61 p.
- GOYTIA, Noemí; MOISSET DE ESPANÉS, Daniel. *La Alta Tecnología de un Mundo en Desarrollo*. Ediciones Generales de la Construcción. Valencia, España, 2003, 55p.
- GUERRIN, André. *Traité de Béton armé*. Volumen V Deuxième Édition. Edit. Paris, Dunod, 1970-73.
- GUINDAL, Antonio. Eladio Dieste y la cerámica armada en Uruguay. España, 2005.
- HEYMAN, Jacques. *La ciencia de las estructuras*. Ed. Instituto Juan de Herrera.
- HUERTA FERNANDEZ, Santiago. *Arcos, Bóvedas y Cúpulas: Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*, 1ª edición, Enero 2004; *Las bóvedas de Guastavino en América*, 2001, pp. 87-112. Ed. Instituto Juan de Herrera.
- JAKOBSEN Aas. *Les Voiles Cylindrique de Forme Elliptiques*.
- JENKINS. *Thorg and Design of Cylindrical Shell Structures*. Londres, 1947.
- JIMENEZ TORRECILLAS, Antonio (Org.) *Eladio Dieste -1943-1996*. 1ª ed., Sevilla-Montevideo: Consejería de Obras Públicas y Transportes - Dirección General de Arquitectura y Vivienda, Junta de Barcelona, 1996, 306 p.
- LAY, Alfredo, ÁLVAREZ, Carlos. *Estructura laminar de cerámica armada en la arquitectura de Río Grande do Sul (Brasil)*. Tesis de universidad española, España, 2005.
- L'HERMITE, R. *Resistência dos Materiais*.
- LÓPEZ OLVERA, Alfonso. *Análisis cálculo y diseño de las Bóvedas de Cáscola*. Compañía Editorial Continental, S.A. México, Espanha e Argentina, 1968, 318 p.
- MARÍN, Ana María; BARLUENGA, Gonzalo. *Eladio Dieste y la cerámica armada: La forma de lo resistente*. Artículo revista, V. 32, N.45. Arquitectura Moderna en Latinoamérica. Universidad de Alcalá, Madrid, 2014.
- MOYA BLANCO, Luis. *Bovedas Tabicadas*. Ministerio de la Gobernación. Dirección General de Arquitectura - Servicio de Publicaciones.
- SACRISTE, Eduardo; KECHICHIAN, Pedro Antonio; MACKINTOSH, Guillermo. *Viviendas con Bóvedas*. Ed. Espacio Editora, Buenos Aires, 1977, 188 p.
- SIEGEL, Curt. *Formas Estructurales em la Arquitectura Moderna*.
- SPAMPINATO, Agripino R. *Teoría y Cálculo de las Bóvedas Cáscaras Cilíndricas*. Buenos Aires, Ed. Alsina, 1960, 280 p.
- TIMOSHENKO. *Teoria de Placas e Cascas*.
- TORROJA, E; BATANERA. *Cubiertas Laminares Cilíndricas*, 1950.
- VALLETE. *Consideration sur les voûtes mince autoportantes et Leur Calcul* - Geni Civil, 27/01/34.



ORIGEM DAS FIGURAS E ILUSTRAÇÕES



- (*-1) – Figuras cujos originais estão nos arquivos do escritório de Dieste & Montañez.
- (*-2) – E. Román, Claudio. “Eladio Dieste e a cerâmica armada” – Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, BR. 2012.
- (*-3) – Jiménez Torrecillas, Antonio – “Eladio Dieste 1943-1996.” – 1 Edic. Sevilla – Montevideo, 1996.
- (*-4) – Cortesia da Fac. de Arquitetura, UDELAR, Montevideu, Uruguai. Disponíveis em: www.facu.edu.uy/eladio-dieste/obras/.
- (*-4.1) – Fotos feitas por Silvia Montero.
- (*-4.2) – Fotos feitas por Andrea Sellanes.
- (*-4.3) – Fotos feitas por Rodolfo Martínez.
- (*-4.4) – Fotos feitas por Walter Castelli.
- (*-4.5) – Fotos feitas por Tano Marcovecchio.
- (*-4.6) – Fotos feitas por Carlos Pazos.
- (*-5) – Figuras cujos originais estão nos arquivos do escritório do Arq. A. Brizolara.
- (*-6) – Figuras del Instituto Técnico de la Construcción y el Cemento – Revista “Informes de la Construcción N 127”, Madrid, Espanha, 1961.
- (*-7) – Figuras cujos originais estão nos arquivos do escritório da Arq. Lucia Suburu.
- (*-8) – Cassinello, Ferenando. “Bóvedas y cúpulas de ladrillo” – 3 ra. Edição. Patronato de investigación científica: “Juan de la Cierva”, I.E.T.C.C. – Madrid, 1969.
- (*-9) – Cartilha TANAC.
- (*-10) – Figuras cujos originais podem ser vistos no site: [hhps://www.google.com.uy/search?q=hassan+fathy+new+gourma](http://www.google.com.uy/search?q=hassan+fathy+new+gourma).
- (*-11) – Office of International Affairs- Departament of Housing, Urban Developement. Washington, D.C. – March, 1957.
- (*-12) – Figuras cujos originais estão nos arquivos do escritório do Eng. Ariel Valmaggia.
- (*-13) – Figuras cujos originais podem ser vistos no site: [hhps://www.google.com.uy/search?q=palacio+de+deportes+de+oviedo](http://www.google.com.uy/search?q=palacio+de+deportes+de+oviedo).
- (*-14) – Publicação de Separata – 19 pag – Eng. Sánchez Del Río, I.; Arq. Cavanilles, F.; Arq. Muniz Uribe, F.; Arq. Suárez, J..
- (*-15) – Figuras cujos originais estão nos arquivos do escritório do Arq. Federico Cairoli.
- (*-16) – Figuras cujos originais estão nos arquivos do escritório do Arq. Vicente Sarrablo.



GLOSSÁRIO DE TERMOS PORTUGUÊS > ESPANHOL



A

Abaixar	Bajar.
Abóboda	Bóveda.
Acabamentos	Terminaciones.
Aceitar	Aceptar.
Acende	Enciende.
Achado	Encontrado (verbo).
Aço	Acero.
Acontecer	Suceder.
Acrescentada	Agregada.
Aduelas	Dovelas (de un arco).
Afinco	Arraigo.
Afrouxar	Aflojar.
Afunilado	Convergente (conicidad).
Agora	Ahora.
Alargamento	Ensanchamiento.
Além	Además.
Amadurecido	Maduro (madurado).
Amarrar	Atar.
Ancoragem	Anclaje.
Andaimes	Andamios.
Andares de altura	Pisos de altura.
Anel	Anillo.
Anseios	Deseos.
Ao	Al o a lo.
Ao redor	Alrededor.
Aperfeiçoar	Perfeccionar.
Aperto	Apretado (pinzado).
Apoio	Apoyo.

Aquecida	Calentada.
Arame	Alambre.
Areia	Arena.
Arestas	Aristas.
Argamassa	Mortero.
Arquibancadas.	Gradas.
Arrepia	Eriza.
Asas	Alas.
Assentes (tijolos)	Asentados (ladrillos).
Aterro	Relleno.
Atinge	Alcanza.
Atingido	Conseguido.

B

Bainha	Vaina.
Baixar	Bajar.
Baixo	Bajo.
Balanço	Voladizo.
Balanço	Ménsula, voladizo.
Balão	Globo de goma.
Barbante	Cuerda.
Barbantes	Piolas.
Baseada	Basada.
Bengala	Baston (hierro de espera).
Bitola	Diametro de la armadura.
Borda	Borde.
Borracha	Goma.
Branco	Blanco.
Brita	Pedregullo.
Bucha	Taco fisher.

C

Caixa d'agua	Reservatorio.
Calha	Canalón.
Cambota	Cimbra (arco de madera).
Caminhão munck	Camión com brazo de carga.
Canhão	Cañon.
Canos	Caños.
Canteiro de obra	Obrador.
Capeamento	Recubrimiento com hormigón.
Capela	Capilla.
Caprichar	Dejar prolíjo.
Carrinho de mão	Carretilla de obra.
Cascalho	Relleno de pequeñas piedras y arena.
Cascas	Cáscaras.
Catalã	Catalana.
Cedo	Temprano.
Cegonha	Cigüeña.
Celeiro	Granero.
Cerca	Valla de separación.
Chama	Llama.
Chão	Piso, suelo.
Chave	Llave de un arco.
Chegada	Llegada.
Cheio	Lleno.
Cima	Arriba.
Cinta	Carrera sobre la pared.
Cobertura	Techo.
Coesão	Cohesión.
Coifa	Campana para extractor.
Coluna	Pilar, Columna.
Começar	Empezar (verbo).
Começaram	Empezaron.
Composto	Compuesto.
Comprimento	Largo.
Consertos	Arreglos.
Convenha-nos	Nos convenga.
Corda	Cuerda.
Cordoalha	cabo com multiples hilos (maromba).
Coroamento	Coronamiento.
Corrente	Cadena.
Corriqueiro	Comun.
Costela	Costilla.
Criado	Creado.

Cru	Cruda (o).
Cumeeira	Cumbre.

D

Das	De las.
Descer	Desender, bajar.
Descida	Bajada.
Desempenada	Fretachada.
Desempenadeira	Fretacho.
Desenho	Dibujo.
Desenho	Diseño.
Deslocam	Desplazan.
Deslocar	Desplazar (verbo).
Desmoldar	Sacar el molde, desencofrar.
Do	Del o delas.
Dobrado	Doblado.
Dois	Dos (2).
Duplo	Doble.

E

Emborrachada	Elástica.
Empilhadeira	Paletera.
Empuxo	Empuje.
Encorajamento	Dar coraje.
Encosta íngreme	Subida pronunciada (difícil).
Enfiamos	Enhebramos.
Engastado	Nudo rígido.
Ensinar	Enseñar.
Erros	Errores.
Escada	Escalera.
Esclarecer	Aclarar.
Escola	Escuela.
Escorar	Apuntalar.
Esforços	Fuerzas.
Esgoto	Saneamiento.
Espaçadas	Distanciadas.
Espelho	Espejo.
Esquadro	Esccuadra.
Esquecimento	Olvido.
Esticadas	Estiradas.

Esticar	Estirar.
Estocagem	Almacenamiento.
Extradorso	Extradós de la curva.

F

Face	Lado, cara.
Faixa	Faja.
Faleceu	Falleció.
Faremos	Haremos.
Faria	Haría (verbo).
Fato de cultura	Hecho cultural.
Fazenda	Estancia de campo.
Fechar	Cerrar (verbo).
Feita	Hecha. (verbo).
Ferramenta	Herramienta.
Fiada	Hilada.
Fica	Queda (verbo).
Fileira	Hilera.
Flecha	Flecha.
Focado	Enfocado, Focalizado.
Folga	Holgura.
For	Fuera (verbo).
Força	Fuerza.
Formado na	Estudió en ...
Formas (const.)	Encofrado.
Formosa	Hermosa.
Fornece	Provee. (verbo).
Forno	Horno.
Forro	Cielorraso.
Frouxo	Flojo.
Furos	Agujeros (en el ladrillo).

G

Gabarito da estrada	Gálibo de las carreteras.
Gaivota	Gaviota.
Gerais	En general.
Graneleiro	Granero.
Grão	Grano.
Graúda	Gruesa.
Guarda corpo	Varanda de la escalera.
Guindaste	Grua.

Insumo	Consumo (participación).
Introdução	Introducción.
Intuito	Finalidad.
Isola	Aisla (verbo).
Isolado	Aislado.

J

Jato	Chorro.
Jogo	Juego.
Junção	Junta de 2 paredes.

L

Lanternim	Iluminación pequeña en el techo.
Larga	Ancha.
Largura	Ancho.
Laje de concreto	Losa (plancha) de hormigón.
Leque	Abanico.
Levados da mão	Llevados de la mano.
Leveza	Liviandad.
Liga (material de)	Material de fijación.
Lombo	Lomo.
Longos	Largos.
Losango	Rombo (geometría)

M

Macaco de pós-tensão ...	Gato hidráulico para pós-tensado.
Manuseio	Manoseo (mover a mano).
Meia luas	Medialunas.
Meio tijolo	Medio ladrillo.
Mestre de orquestra	Director de orquesta.
Mirante	Mirador.
Mísula.....	Ménsula.
Molhado	Mojado.
Muito	Mucho.
Muro de arrimo	Muro de contención.

N

Nervo	Nervio.
Nervuras	Nervios.
Ninguém	Nadie.
Novo	Nuevo.
Numa	En una.

O

Obter	Obtener (verbo).
Oco	Hueco.
Oitão	Oitón (paredes extremas en construcción a 2 aguas).
Oitões	Paredes extremas.
Onde	Donde.
Operário	Obrero.
Oposto	Opuesto.

P

Pá	Pala.
Padronizado	Estandarizado.
Parafuso	Tornillo.
Pavimento	Piso.
Peças	Piezas.
Pedreiro	Albañil.
Pela	Por la.
Pendurada	Colgada.
Peneira (verbo peneirar)	Tamiz (verbo tamizar).
Pênsil	Colgado.
Percorso	Recorrido.
Perto	Cerca.
Pesquisa	Investigación.
Pesquisado	Investigado (verbo).
Pilotis	Estacas.
Pode	Puede.
Pontas	Puntas.
Povoadinho	Pueblito.
Preencher	Llenar (verbo).

Pré-fabricação	Leve	Prefabricación Liviana.
Pregas	.....	Dobleces.
Prego	.....	Clavo.
Presos	.....	Prendidos, atados.
Prestes	.....	Próximo.
Procura	.....	Búsqueda.
Progredir	.....	Progresar.
Protendido	.....	Pretensado.
Prumo	.....	Plomo.
Puxando	.....	Tironeando.

Q

Quantidade	.....	Cantidad.
Queimado	.....	Quemado.

R

Rachadura	.....	Rajadura.
Regra	.....	Regla.
Régua	.....	Regla, objeto de medir.
Reguados	.....	Rectos.
Residência	.....	Vivienda.
Retorce	.....	Retuerce.
Reusar	.....	Usan varias veces.
Riscar	.....	Rayar.
Risco	.....	Riesgo.
Rocha	.....	Roca.
Rolo	.....	Rollo.

S

Sair do atoleiro	.....	Salir del atolladero.
Sala de aula	.....	Sala - Salón de clases.
Sargento	.....	Sargento (construcción).
Sarrafo	.....	Moldura.
Sarrafos	.....	Alfajías.
Século	.....	Siglo.
Seja	.....	Sea (verbo).
Sementeira	.....	Silo de semillas.

Senoide - senoidal	Sinusoide.
Singeleza	Simplicidad.
Solda	Soldadura.
Soterrado	Enterrado.
Sustenta	Sostiene.

T

Tabela	Tabla (ábaco).
Tábuas	Tablas.
Tarefas	Tareas.
Tavelas	Bovedillas.
Tem	Tiene.
Tenha	Tenga (verbo tener).
Tensores não esticados	Tensores no estirados.
Teste	Test (pruebas).
Tijolo	Ladrillo.
Tinta	Pintura.
Tirei	Saqué.
Tombamento	Volteo, caída.
Topo	Tope (parte superior).
Travamento	Travas (referzos).
Travamentos	Conjunto de travas.
Trincado	Quebrado con rajadura.

V

Vales	Valles.
Vãos	Vanos, luces.
Vazada	Calada.
Venho	Vengo.
Vento	Viento.
Vergalhões de aço	Armaduras de acero.
Viga de concreto	Viga de hormigón.
Vira e mexe as ideias	Mueve las ideas.

Esta publicação é inédita no mundo.

Seria a primeira a mostrar a absoluta maioria das tecnologias existentes nesta temática. Descreve com detalhes como se constrói e como se dimensiona estruturalmente.

Campo de conhecimento que interessa a arquitetos, engenheiros, professores universitários e a alunos de arquitetura e engenharia.

Um novo conceito que passa a dominar as estruturas laminares. Além das abóbodas, este livro ensina a dominar outras coberturas e estruturas, como: cúpulas, coberturas plissadas, abóbodas para entrepisos, para casas populares, para grandes vãos, muros de arrimo, caixas d'água, graneleiros e silos, etc.

Este caminho é uma simbiose de sistema construtivo que começou com o Eng. Eladio Dieste para resolver coberturas com grandes vãos, e transformou-se numa expressão arquitetônica surpreendente, que nunca se tinha visto.

As estruturas laminares deveriam existir no *Curriculum* de matérias e pesquisas em todas as Faculdades de Arquitetura e Engenharia.



CAU/RS
Conselho de Arquitetura
e Urbanismo do Rio Grande do Sul



Editora Coralina

ISBN: 978-65-80360-66-6



9 786580 360666