

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

PISCINAS E RESERVATÓRIOS DE ARGAMASSA ARMADA

Trabalho apresentado para completar os requisitos necessários à obtenção do título de "Mestre em Engenharia de Estruturas".

ENG. ELOY FERRAZ MACHADO JÚNIOR

Orientador:

PROF. DR. LAFAEL PETRONI

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Lafael Petroni

Prof. Dr. Munir Rachid

Prof. Dr. Luis Gastão de Castro Lima

São Carlos, novembro de 1978

À Lilia Maria, Eloy Neto,  
Carlos Gustavo e João Guil  
herme.

Agradeço a todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

## RESUMO

Neste trabalho são apresentadas as piscinas e reservatórios em que fomos envolvidos, quer como autores do projeto, quer como acompanhantes da obra. São tecidos comentários sobre os vários processos empregados, na tentativa de se conseguir descobrir o mais simples e econômico.

O estado atual de cada um, relacionando-o diretamente aos cuidados tomados na sua construção, é também comentado.

Finalmente, se propõe uma técnica de construção de piscinas, baseada na utilização de pilaretes sobre sapatas corridas, como elementos de estabilização das paredes verticais.



### ABSTRACT

In this work are presented the swimming pools and water reservoirs which designs we have been involved in, either as authors either as supervisors. Several used processes are presented and remarked in order to find out the most simple and economic way.

The state of art of each one are remarked in direct association with the taken care during their building process.

Finally a process of swimming pools building is suggested, based on the utilization of little pillars on a linear foundation plate as elements of stabilization for the vertical walls.

## GLOSSÁRIO

- Tela de malha nº 2 - tela de malhas quadradas, com 1/2" de abertura, trançadas com fios de arame recozido ou galvanizado.
- Fio nº 18 - arame, recozido ou galvanizado, de 1,24mm de diâmetro.
- Fio nº 17 - arame, recozido ou galvanizado, de 1,47mm de diâmetro.
- Fio nº 16 - arame, recozido ou galvanizado, de 1,65mm de diâmetro.
- Placa "parede" - peça pré-fabricada, elemento vertical da piscina de argamassa armada.
- Placa "gigante" - peça pré-fabricada, elemento de estabilização das placas "parede".
- Placa "prainha" - peça pré-fabricada, quebra-ondas da piscina de argamassa armada.

## Í N D I C E

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAIS EMPREGADOS NA ARGAMASSA ARMADA DAS PISCINAS E RESERVATÓRIOS, ANALISADOS NESTE TRABALHO ..	3
3. AS PISCINAS DE ARGAMASSA ARMADA .....	7
3.1 - Piscina do Hotel Estância Suíça .....	10
3.1.1 - Os elementos estruturais .....	10
3.1.2 - A execução da obra .....	13
3.1.3 - Comentários sobre a construção .....	21
3.1.4 - Estado atual .....	22
3.2 - Piscina Municipal de Barra Bonita .....	23
3.2.1 - Os elementos estruturais .....	23
3.2.2 - A execução da obra .....	26
3.2.3 - Estado atual .....	27
3.3 - Piscina em residência particular .....	36
3.3.1 - Os elementos estruturais .....	36
3.3.2 - Comentários sobre a construção .....	38
3.3.3 - Estado atual .....	42
3.4 - Piscina em residência particular .....	43
3.4.1 - Os elementos estruturais .....	43
3.4.2 - A execução da obra .....	46
3.4.3 - Comentários sobre a construção .....	59
3.5 - Piscina da Associação Beneficente dos Alfaiates de São Carlos - A.B.A.S.C. ....	60
3.5.1 - Os elementos estruturais .....	60
3.5.2 - A execução da obra .....	71
3.5.3 - Comentários sobre a construção .....	72
3.6 - Observações finais .....	77
4. OS RESERVATÓRIOS DE ARGAMASSA ARMADA .....	78
4.1 - Reservatórios enterrados do D.A.A.E. - Araquara .....	78
4.1.1 - Os elementos estruturais .....	79
4.1.2 - A execução da obra .....	84

## 1. INTRODUÇÃO

O emprego da argamassa armada, em elementos estruturais, começou na Escola de Engenharia de São Carlos em 1960, com F. Schiel, D.A.O. Martinelli e L. Petroni<sup>[1]</sup>. Nessa ocasião, foram ensaiadas e posteriormente fabricadas, vigas calhas para coberturas horizontais com vãos de 6 a 10m.

Os resultados altamente promissores desses ensaios, levaram à construção, alguns anos mais tarde, de novas coberturas horizontais, quando então F. Schiel, L. Petroni, M. Rachid e J.C. Barreiro<sup>[2]</sup> ensaiaram outras soluções para vãos maiores e novas formas de pré-fabricação dos elementos. As qualidades deste material quanto à grande deformabilidade sem fissuração, impermeabilidade, possibilidade de se unirem peças pré-fabricadas através de juntas perfeitamente estanques, observadas nas obras executadas e nos ensaios realizados, abriram caminho para novas aplicações.

A argamassa armada é um material bastante apropriado para a construção de piscinas e reservatórios enterrados, sendo estas obras caracterizadas pela grande economia que proporcionam, dada sua pequena espessura e a dispensa de fundações especiais. Entretanto, desde já, deve-se ressaltar a importância de uma drenagem perfeita.

Podem-se associar, para a sua construção, placas pré-fabricadas no canteiro da obra com elementos moldados "in-situ". Esta possibilidade permite grande liberdade de forma em relação à planta.

Já foram utilizadas placas verticais para profundidades até 1,20m. A partir desta profundidade é mais econômico associarem-se aos elementos verticais, paredes inclinadas moldadas sobre o talude convenientemente drenado.

O acabamento das superfícies pode ser bastante apurado, visto que a argamassa é muito rica e a areia utilizada não muito grossa. A estanqueidade do conjunto é perfeita, tornando-se o tratamento das superfícies que, usualmente são feitos à base de epoxi ou borracha clorada, simplesmente uma decoração.

Várias piscinas já foram construídas e seu comportamento vem sendo acompanhado, constatando-se o seu bom desempenho quando executadas de acordo com a técnica recomendada.

Igualmente, foram construídos reservatórios enterrados de grande volume com coberturas também de argamassa armada.

## 2. MATERIAIS EMPREGADOS NA ARGAMASSA ARMADA DAS PISCINAS E RESERVATÓRIOS, ANALISADOS NESTE TRABALHO

A argamassa armada, como já se disse, é um material composto de cimento, areia, telas e água, que no conjunto comporta-se, aproximadamente, como um material homogêneo. O seu peso específico é da ordem de  $2,4 \text{ tf/m}^3$ .

O cimento empregado foi sempre o CP320, de fabricação nacional. O consumo de cimento, por  $\text{m}^3$ , na argamassa utilizada na construção das piscinas e reservatórios, nunca foi inferior a 700 kg.

A experiência, na execução de várias piscinas e reservatórios, mostrou que a melhor areia para o preparo da argamassa é a areia média de origem quartzosa, com grãos com diâmetro máximo não superior a 2,5mm. Isto quando se trabalha com espessuras inferiores ou iguais a 20mm.

A areia utilizada nas obras descritas mais adiante, procedente do Rio Mogi na maioria dos casos, é conhecida correntemente como areia média lavada.

A relação cimento/areia que determina as características necessárias à argamassa utilizada, é 1:2, em peso, com relação água/cimento igual a 0,40, para areia seca.

A mistura, assim preparada, tem boa trabalhabilidade, proporciona altas resistências, bom acabamento das superfícies e a impermeabilidade requerida em obras dessa natureza,

Em algumas obras, onde não foi utilizado o traço em peso, e não se fez correção da umidade da areia, a mistura foi preparada na proporção de 1:2, em volume, e a água adicionada até se conseguir uma trabalhabilidade suficiente.

Os resultados mostraram-se satisfatórios, não se constatando até agora, através de observações constantes, nenhum defeito quanto às características desejadas.

As telas utilizadas, como armadura da argamassa, foram as de malhas quadradas, com abertura de 1/2", confeccionadas com fios trançados de arame recozido ou galvanizado cujos diâmetros eram de 1,24, 1,47 ou 1,65 mm. Foram também usadas telas de malhas quadradas, com abertura de 5cm, confeccionadas com fios de aço soldado, de 3mm de diâmetro.

Quando se utilizou tela de fios trançados de 1/2" de abertura, empregou-se uma, ou no máximo duas telas na armação, mas nos casos em que foram empregadas telas de fios soldados de abertura 5 cm, utilizaram-se sempre duas telas justapostas com defasagem dos fios de 2,5 cm.

O consumo de armadura, por m<sup>3</sup> de argamassa armada, fica sempre, em qualquer dos casos citados, em torno de 200 kg.

A experiência na execução dessas estruturas, mostrou a conveniência da utilização das telas trançadas de arame recozido ou galvanizado, sobre as de fios de aço soldados, principalmente quanto ao manuseio e trabalhabilidade. Havendo possibilidade de se fabricar tela soldada, com fios de aço doce, esta inconveniência seria descartada.

Para encerrar o capítulo referente à composição da argamassa armada utilizada nas piscinas e reservatórios, ainda, deve-se falar a respeito do recobrimento das telas e do seu posicionamento dentro da argamassa.

Até agora foram utilizados recobrimentos entre 4 e 6mm com bastante sucesso, pois observou-se que recobrimentos muito grandes ou muito pequenos são desfavoráveis.

É importante observar o mesmo cobrimento de ambos os lados da armadura, portanto, deve-se garantir o perfeito posicionamento das telas, dentro da argamassa, evitando-se assim fissuras precoces nas faces mais afastadas e exposição da armadura na outra face. O problema do mau posicionamento da armadura foi confirmado por Athayde [4], quando tratou de ensaios de tração e flexão, em peças de argamassa armada.

Os artifícios para se obter um bom posicionamento das telas, dentro da argamassa, serão enfocados quando se tratar da técnica de execução. Do mesmo modo, serão feitas recomendações referentes ao controle da espessura da argamassa acabada.

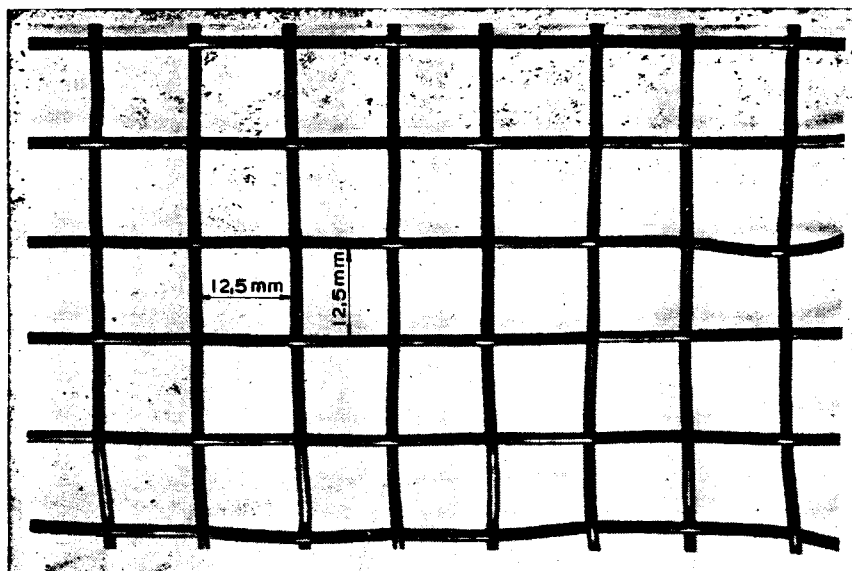


Fig. 2.1 - Tela de malha quadrada de 1/2" de abertura, trançada, com fios de arame recozido ou galvanizado.  $\phi$  1,24, 1,47, 1,65 mm.



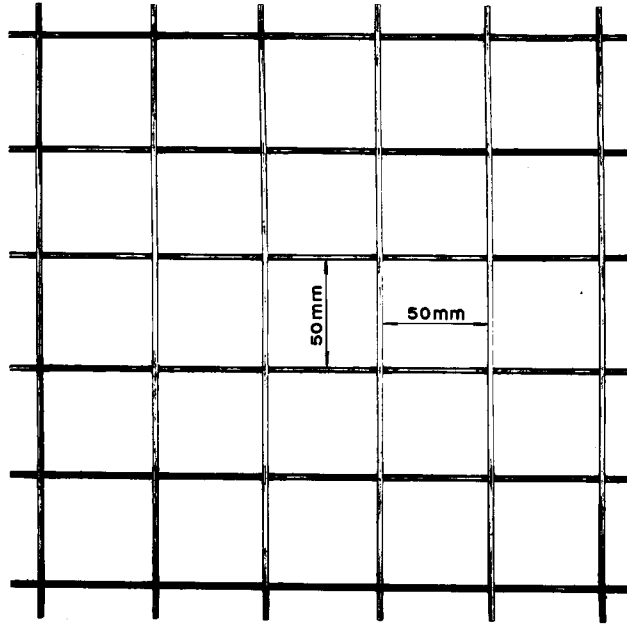


Fig. 2.2 - Tela soldada de malha quadrada de 50 mm de abertura, com 7 fios de aço de  $\phi$  3 mm.

### 3. AS PISCINAS DE ARGAMASSA ARMADA

Até se chegar ao processo que ora se propõe, para a execução de piscinas em argamassa armada, houve em cada estrutura executada, uma série de soluções determinadas pelas exigências de projeto e condições de execução. Todas elas constituíram experiências que serviram para determinar o melhor procedimento para simplificação da mão de obra empregada e economia de materiais.

A seguir, serão descritas cada uma das piscinas por nós acompanhadas ou projetadas, com comentários sobre sua execução.

Neste texto, não poderia deixar de ter destaque especial a primeira delas, cujo sucesso garantiu o prosseguimento e aperfeiçoamento que veio a seguir.

Construída em 1963, pelo introdutor da argamassa armada no nosso meio, Prof. Doutor Frederico Schiel, em terreno de sua propriedade, tem as seguintes características:

Espelho d'água: 4,80 x 12,50m

Profundidade mínima: 1,00m

Profundidade máxima: 2,25m

Espessura da argamassa armada: 1,4cm

A topografia do terreno exigiu que se aterrassse grande parte da área onde foi construída a piscina.

Para vencer o empuxo do terreno nas cabeceiras, foi previsto um muro de arrimo de alvenaria com espessura de um tijolo. Nas laterais a estabilidade ficou garantida pela inclinação dos taludes de  $75^{\circ}$  com a horizontal.

Para a prevenção dos efeitos de surgimento de sub-pressão da água contida no solo, foi executado filtro de brita nº 1 de 4cm de espessura sob as paredes laterais e fundo, acoplado a uma linha de dreno feito com manilhas de barro apropriadas.

A argamassa armada foi totalmente executada "in-loco", lançada manualmente sem adensamento mecânico, sobre uma tela de malhas quadradas de abertura de  $1/2"$ , trançada, com fios de arame recozido de diâmetro 1,47mm, estendida diretamente na alvenaria das paredes das cabeceiras e laterais e sobre a brita do fundo, protegida por argamassa magra.

Posteriormente foi feito o acabamento, pintando-se com tinta à base de borracha clorada.

Esta piscina encontra-se em utilização há 15 anos com perfeito desempenho, fato ainda mais notável se for considerado sua construção em terreno aterrado.

Pequenos vazamentos foram observados logo no início da utilização, devidos, talvez, ao adensamento manual da argamassa, mas os mesmos foram perfeitamente reparados.

Foi também observado um recalque diferencial de aproximadamente 2cm, que não causou danos à estrutura, o que vem comprovar a grande elasticidade da argamassa armada.

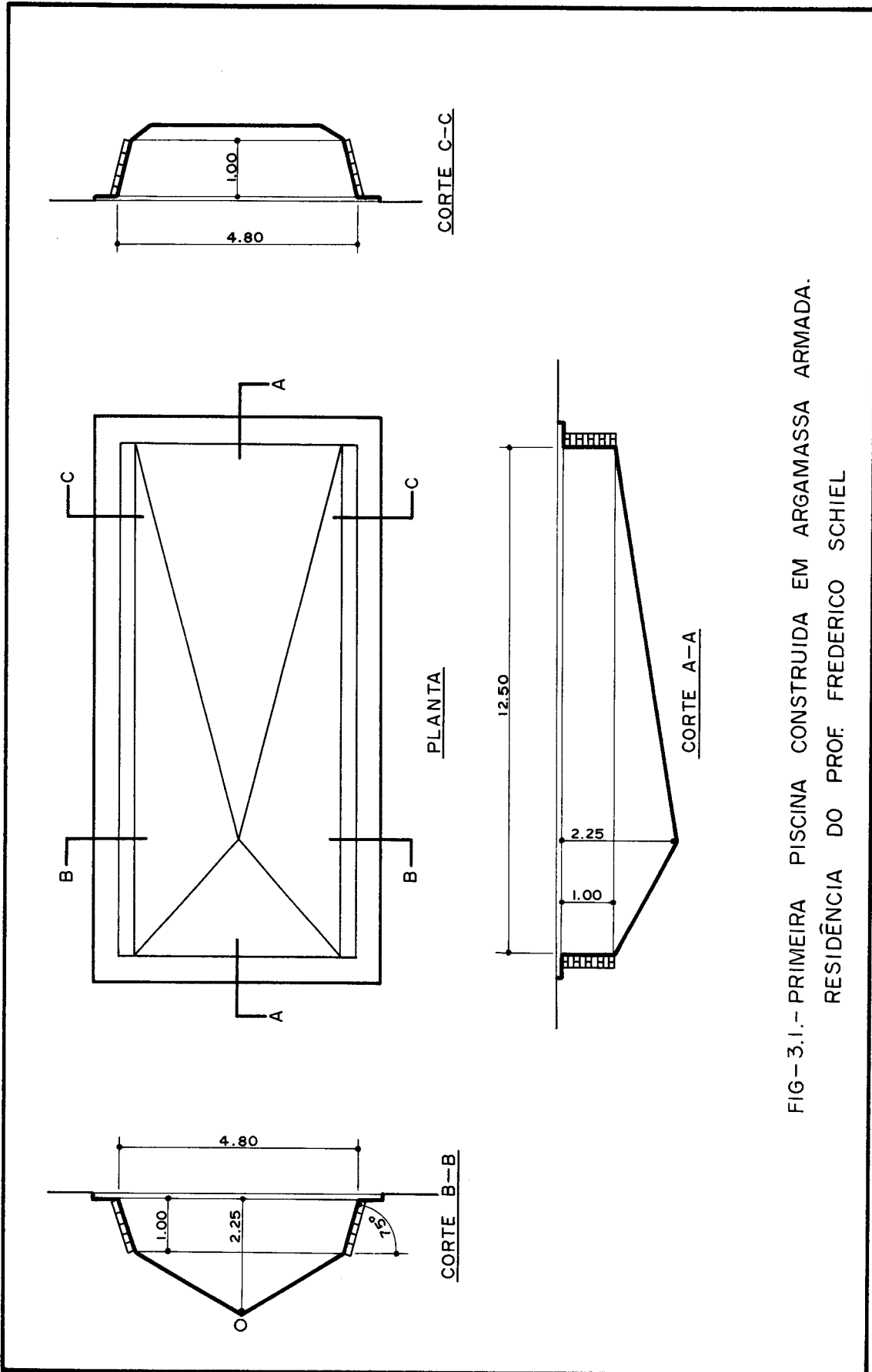


FIG-3.1.- PRIMEIRA PISCINA CONSTRUIDA EM ARGAMASSA ARMADA.  
RESIDÊNCIA DO PROF. FREDERICO SCHIEL

### 3.1 - PISCINA DO HOTEL ESTÂNCIA SUIÇA

Projeto: F. Schiel

#### 3.1.1 - Os elementos estruturais

Esta piscina iniciou a fase do emprego de elementos pré-moldados unidos monoliticamente a elementos moldados "in-loco". A planta e cortes com as dimensões e os elementos pré-moldados estão representados nas figs. 3.1.1 e 3.1.2. Foram pré-fabricadas as paredes verticais em placas de 88 x 147cm, armadas com duas telas de malha nº 2 de fios de arame recozido nº 18. A espessura da placa é de 1,8cm.

A estabilidade destas placas é conseguida através de placas "gigante", também pré-fabricadas, de formato trapezoidal cujas bases medem respectivamente 50cm e 88cm e com altura de 88cm.

Estas peças foram armadas com uma tela com as mesmas características da anterior, confeccionada com fios de arame recozido nº 17. Esta peça tem a espessura de 1,4mm.

Foram pré-fabricadas também placas de 88 x 147cm, com a mesma armadura das placas parede. Estas placas formam a "prainha", uma espécie de quebra ondas, da piscina.

Todas estas peças têm telas salientes com a finalidade de formar a armadura das juntas.

Para evitar a formação de sub-pressões nocivas à estrutura e encaminhar para fora a água eventualmente infiltrada, colocou-se sobre o terreno já escavado em sua forma definitiva, filtro de brita nº 1, de 4cm de espessura. O filtro foi drenado através de manilhas de barro apropriadas e protegido por camada de 3cm de argamassa magra, funcionando como berço para a tela.

A armadura do fundo foi preparada com uma tela de malha nº 2, com fio de arame recozido nº 17, sendo fixada, no projeto, a espessura da argamassa em 1,3cm.

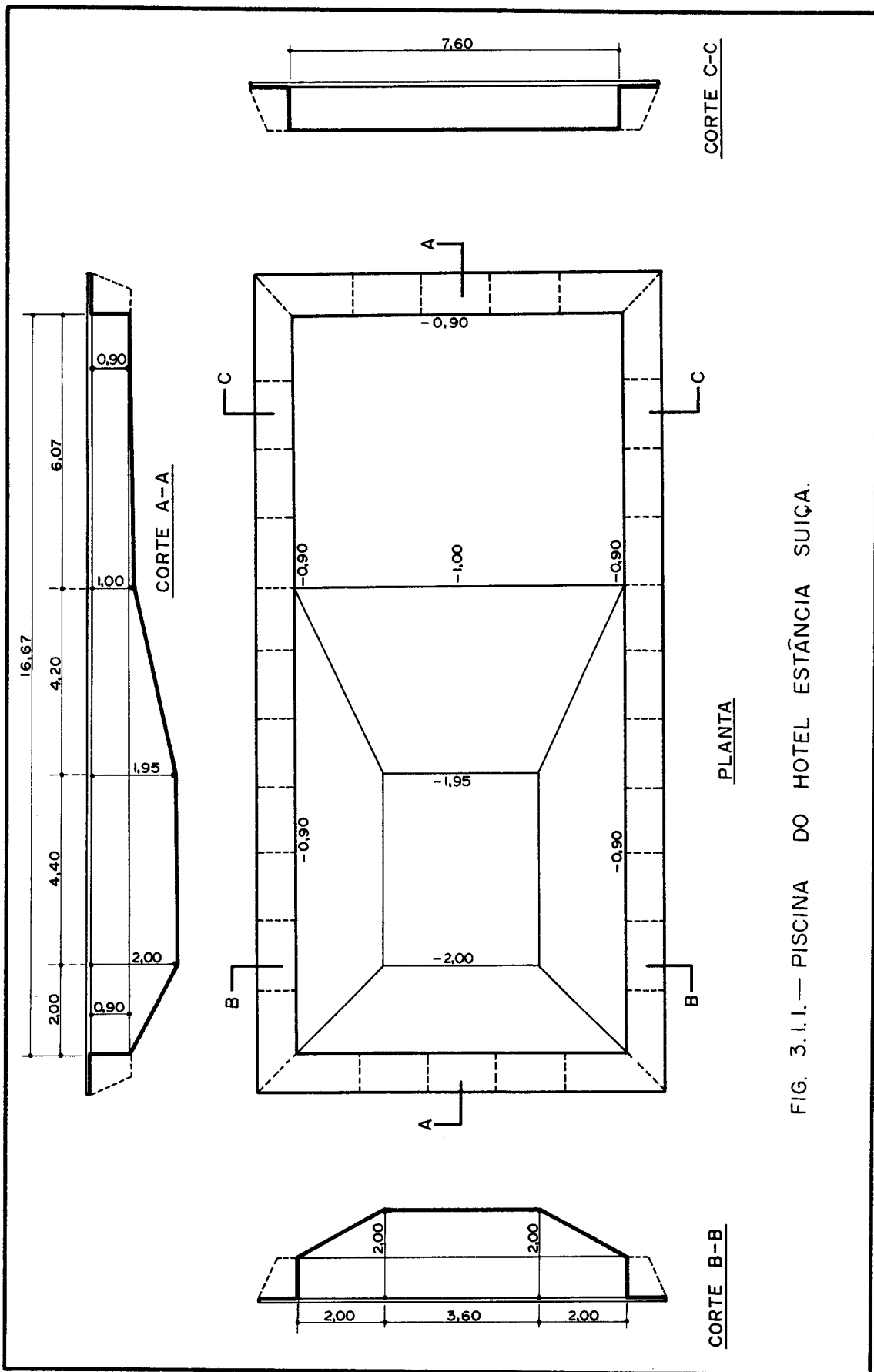


FIG. 3.1.1.— PISCINA DO HOTEL ESTÂNCIA SUIÇA.

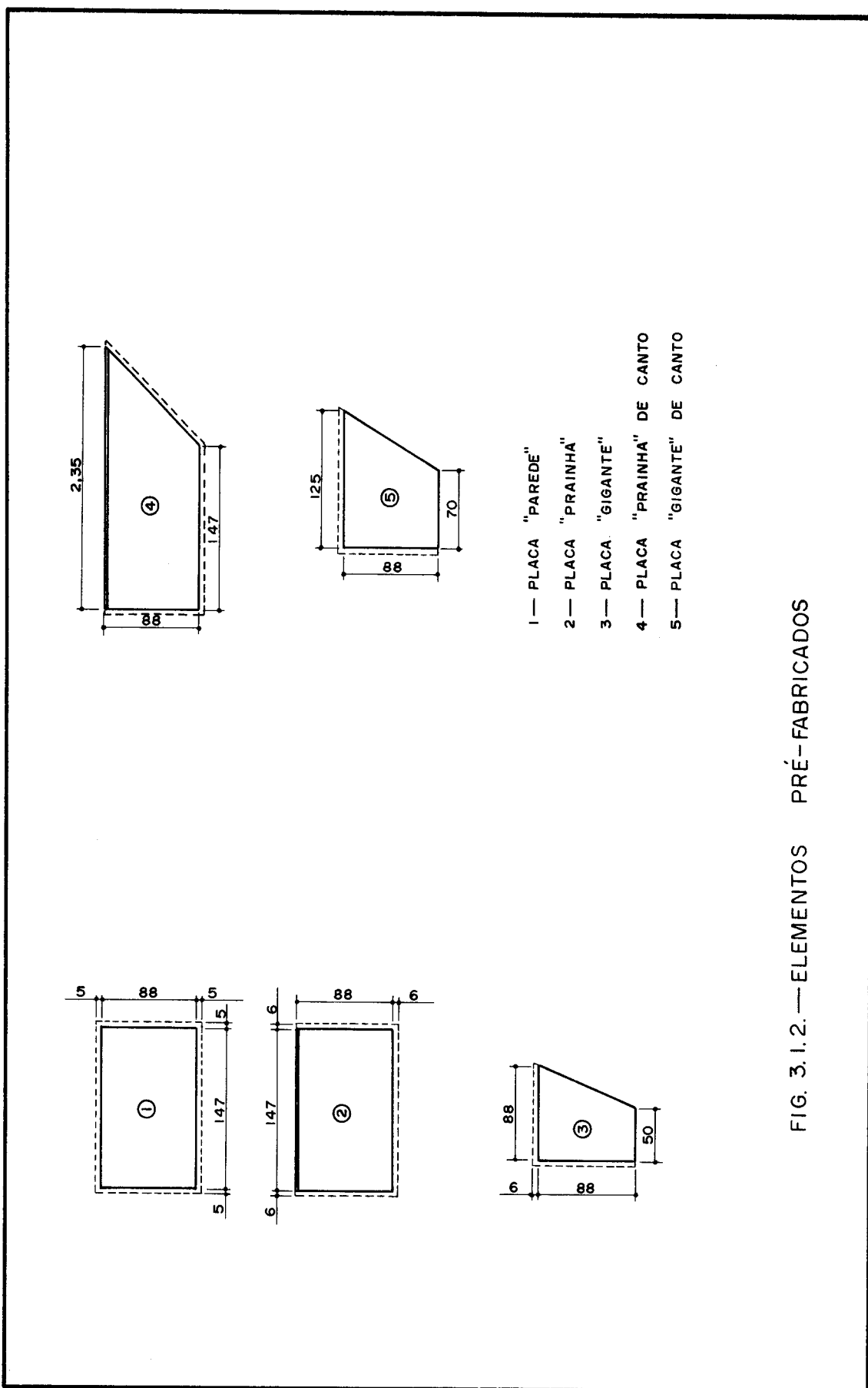


FIG. 3.1.2.—ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

### 3.1.2 - A execução da obra

A pré-fabricação das placas foi feita no próprio canteiro, enquanto iniciavam-se os serviços preliminares.

Após o preparo do terreno do fundo e taludes, estendeu-se o filtro de brita com revestimento de argamassa magra, para mantê-lo na posição e servir de base para as telas.

Na zona de ligação dos taludes e fundo com as paredes pré-fabricadas, foram colocadas as primeiras telas da armadura. Posteriormente foram montadas sobre elas as "paredes", unidas entre si pelos "gigantes", amarrando-se as telas salientes para a formação das armaduras das juntas.

Em seguida, colocou-se brita nº 1 de lados dos "gigantes" e à montante das "paredes", numa espessura de aproximadamente 20cm e com altura igual às das placas. Na parte da piscina onde estava previsto atêrro, este foi executado paralelamente ao enchimento com brita.

Preparou-se, então, a base da "prainha" com brita nº 1 revestida de argamassa magra. A seguir foram colocadas as placas "prainha" unindo-as entre si e com as telas excedentes dos "gigantes" e "paredes",

Antes de estender-se o restante da armadura, foram executadas as juntas, com exceção daquela entre parede e fundo ou talude. Estas foram concluídas ao mesmo tempo que se moldavam "in loco" as superfícies restantes, unindo os elementos pré-fabricados ao resto da estrutura.

Após alguns dias de cura da argamassa, foi feito o teste de enchimento, para verificação da estanqueidade do conjunto.





Fig. 3.1.3 - Montagem das placas "parede" e "gigante", na parte a ser aterrada, ligando-se as telas salientes.



Fig. 3.1.4 - Montagem das placas "prainha" e "gigante" na parte escavada. Note-se o enchimento da escavação com brita nº 1 para garantir o atrito com a placa "gigante".



Fig. 3.1.5 - Montagem da placa "prainha" sobre a base preparada com brita nº 1 e camada de 3cm de argamassa magra.



Fig. 3.1.6 - Aspecto final da montagem das peças pré-fabricadas, notando-se as juntas ainda não executadas. Note-se também que já foram estendidas as telas na zona de ligação "parede-fundo".





Fig. 3.1.7 - Execução da junta "parede-gigante".



Fig. 3.1.8 - Execução das juntas "prainha-gigante" e "prai-  
nha-parede". Note-se a argamassa sendo força-  
da através das telas com vibrador de placa.



Fig. 3.1.9 - Aspecto final das juntas, notando-se o perfeito acabamento.



Fig. 3.1.10 - Armação do fundo já executada. Note-se a emenda das telas por superposição.





Fig. 3.1.11 - Enchimento do fundo. A argamassa é forçada através da tela pelo vibrador de placa. Note-se o aspecto "rico" da argamassa.



Fig. 3.1.12 - Enchimento do fundo. Notar as réguas guias para garantir-se a espessura fixada.



Fig. 3.1.13 - Execução dos taludes do fundo. Notar os cuidados com a proteção da argamassa fresca.



Fig. 3.1.14 - Execução da parte rasa, notar os cuidados com a proteção da argamassa.





Fig. 3.1.15 - Aspecto final dos trabalhos.



Fig. 3.1.16 - Vista global da piscina em plena utilização pelos hóspedes.



Fig. 3.1.17 - Vista parcial da parte rasa. A piscina não havia, ainda, sido pintada, podendo-se notar as marcas das juntas.

### 3.1.3 - Comentários sobre a construção

A despeito da elegância e originalidade do projeto, e de se ter conseguido pré-fabricar, no canteiro, aproximadamente 50% da estrutura, durante a construção, algumas observações puderam ser feitas, permitindo simplificações na execução de novas piscinas.

Durante a montagem das placas "parede" e "gigante", a mão de obra foi bastante exigida para conseguir-se perfeito posicionamento das peças no tocante a "prumo", "alinhamento" e "esquadro" das mesmas.

A amarração das telas salientes que formava a junta "parede-gigante", executada por trás das placas "parede", foram bastante dificultadas na parte escavada do terreno. Por outro lado, na parte onde foi necessário aterro, o fácil acesso às telas das juntas, contrapôs-se à dificuldade de se aterrar e colocar a brita na mesma operação.



Na colocação da placa "prainha", que deveria ser perfeitamente apoiada na argamassa magra que recobria a brita, notou-se a deficiência do preparo da base, o que tornou necessário "calços" de argamassa para evitar o empenamento forçado da peça.

Como lado bastante positivo, ficou o arremate das juntas com argamassa, executadas sem grande trabalho, e o perfeito desempenho das mesmas, mostrando a exequibilidade da pré-fabricação.

Durante o tempo de duração do teste de enchimento foram feitas constantes observações da saída do dreno do filtro, não se constatando em nenhuma ocasião sinais de vazamentos, o que comprovou a estanqueidade das juntas e impermeabilidade da própria argamassa armada.

O aparecimento de pequenas fissuras nas juntas das placas "prainha", o que felizmente não comprometia o comportamento da piscina, provocadas, certamente, pelo imperfeito assentamento das peças, acabou por definir a preferência pela moldagem deste elemento no local.

#### 3.1.4 - Estado atual

Construída em 1970, portanto, há oito anos em plena utilização pelos hóspedes do Hotel Estância Suiça, depois de um período experimental de funcionamento, no qual não foram constatados defeitos que comprometessem seu comportamento, a piscina recebeu pintura à base de epoxi, e assim permanece até os dias atuais. Seus proprietários pretendem repintá-la novamente, devido a pequenos desgastes no verniz, principalmente na "prainha" e fundo da parte rasa, onde o contacto com os usuários é mais intenso.

Em vistoria feita recentemente, constatou-se o perfeito estado das placas, fundo e juntas, não se notando qualquer fissura ou sinal de movimentação. Segundo os proprietários, a saída do dreno do filtro tem sido constante-

mente observada, sem constatação de quaisquer sinais de vazamentos.

Podemos concluir, a respeito desta piscina, o perfeito funcionamento do sistema "parede-gigante", confirmando assim, na prática, a concepção do seu idealizador.

Podemos também frisar, que a execução cuidadosa, a observação dos detalhes construtivos, a atenção com a dosagem e cura da argamassa, são primordiais para a obtenção de um bom resultado.

### 3.2 PISCINA MUNICIPAL DE BARRA BONITA

Projeto: F. Schiel e E.F. Machado Júnior

#### 3.2.1 - Os elementos estruturais

Com forma e dimensões inusitadas, esta piscina tem três áreas distintas: zona para crianças, com profundidade de 0,50m; zona para a aprendizagem, com profundidade máxima de 0,95m e zona para nadadores, com 1,30m de profundidade.

A planta e cortes da piscina, como também a forma e dimensões dos elementos pré-fabricados podem ser vistos nas figuras 3.2.1 e 3.2.2.

Os elementos estruturais são constituídos de placas pré-fabricadas, unidas monoliticamente com elementos moldados "in loco". As peças, do tipo placas "parede", têm dimensões que variam entre 0,46 a 0,91m na altura, e comprimento de 1,44m. Todas elas foram armadas com duas telas de malha nº 2, fio nº 17, tendo espessura de 2cm. As placas "gigante" têm a forma trapezoidal, com base menor de 0,50m, base maior de 0,98m e com altura variando entre 0,46 e 0,91m. Estas peças foram armadas com uma tela de malha nº 2, fio nº 17. A espessura da placa "gigante" é também de 2 cm. Em todas elas foram deixadas telas salientes para a formação das juntas.

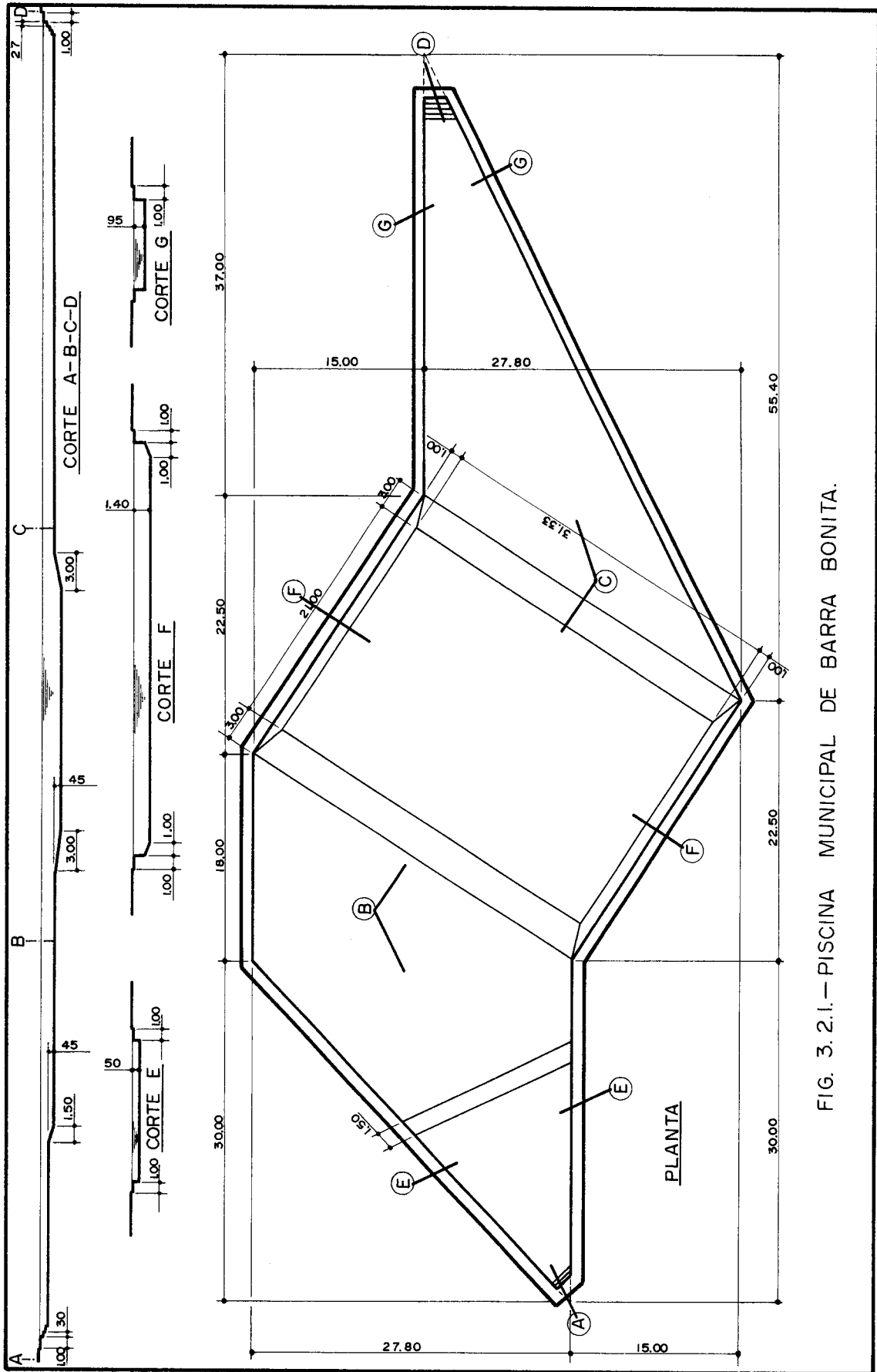


FIG. 3. 2. I. — PISCINA MUNICIPAL DE BARRA BONITA.

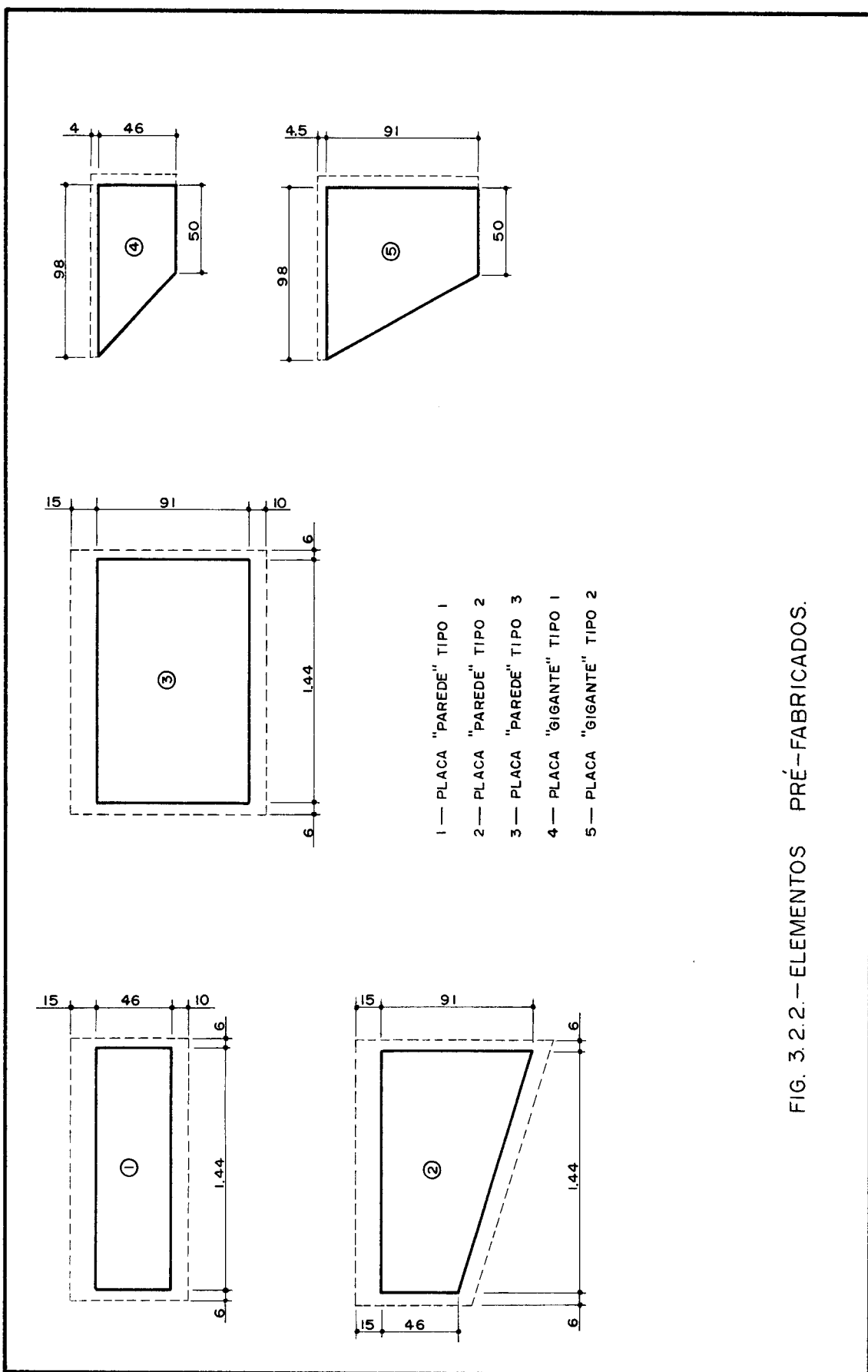


FIG. 3.2.2.—ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS.

Devido à grande área de fundo, aproximadamente 2.000m<sup>2</sup>, optou-se, por motivos econômicos, pela utilização de armadura formada por duas telas de malha quadrada de 5cm de abertura, com fios de 3mm de diâmetro, justapostas e de fasadas de 2,5cm. Também na "prainha", que já nesta piscina foi moldada no local, utilizou-se a mesma armadura do fundo. A espessura especificada para o fundo e "prainha", foi de 2cm.

Portanto, com relação à piscina anterior, tivemos nesta duas novidades: execução da "prainha" no local e utilização de tela 5 x 5cm, de fio de aço, como armadura do fundo.

### 3.2.2 - A execução da obra

O sistema construtivo foi o mesmo descrito anteriormente, com a diferença de que nesta obra, devido às características do solo, recomendou-se o apiloamento do fundo e taludes em três camadas de 10cm. O filtro de brita foi especificado com uma espessura de 5cm, recoberto por 2cm de argamassa magra.

Como foram utilizadas malhas de tipos diferentes, recomendaram-se também cuidados especiais com as superposições das telas, nas juntas em que interferiam os dois tipos e nas emendas das telas da armadura do fundo e "prainha".

Não acompanhamos a construção desta obra. Esperávamos, entretanto, que as especificações e detalhes fossem obedecidos durante a sua execução. Isto não ocorreu, e resultaram, então, falhas que comprometeram o seu funcionamento. Os defeitos existentes serão relatados no item seguinte.

### 3.2.3 - Estado atual

Construída em 1971, para funcionar com água corrente, que nasce nas proximidades do local, esta piscina, segundo informações colhidas em recente vistoria, apresentou defeitos quase que de imediato. Por desinformação quanto à possibilidade de corrigi-los ou por outros motivos, que não podemos precisar, esta piscina ficou em funcionamento quase que continuamente por 6 anos, salvo em raras oportunidades, em que se fez, por conta própria dos responsáveis pelo seu funcionamento, tentativas medíocres de reparos, tais como, utilização de asfalto, concreto e outros materiais estranhos à natureza da argamassa armada.

As constantes infiltrações, ao longo destes anos, levaram-na à sua deterioração quase que completa, através da corrosão das telas da armadura, do carreamento do material filtrante atrás das paredes e que envolvem os gigantes, da desagregação da argamassa, etc.

Puderam ser observadas nesta vistoria, fissuramento em todas as juntas "parede-prainha", sem exceção, fissuras em 90% das juntas "parede-parede" e ao longo da prainha sobre o apoio da mesma nos "gigantes". O fundo apresentou várias fissuras já com sinais de desagregação da argamassa.

Os defeitos de execução, patentes na obra, e o descaso foram os responsáveis pelo estado atual em que se encontra esta obra. Esses defeitos serão enumerados a seguir.

No capítulo em que foram tratados os materiais que compõem a argamassa armada, chamou-se a atenção para o posicionamento das telas e para o recobrimento das mesmas, lembrando que uma espessura demasiada leva incontinentemente ao fissuramento quando a peça é solicitada. Foram constatadas espessuras da argamassa de recobrimento das telas de até 6cm, na prainha e no fundo, o que, sem sombra de dúvida, causaram as fissuras anotadas nestes locais. A má confecção das juntas "parede-prainha", no que se refere a

sobreposição e amarração das telas salientes da "parede" com a tela da armadura da "prainha", determinaram o desligamento em toda a extensão destes dois elementos.

Possivelmente, as dificuldades de se amarrarem as telas salientes da placa "parede" com as do "gigante", para a formação da junta entre estas peças e de se argamassar na vertical, foram as causas das fissuras observadas.

Provavelmente a execução da argamassa "in loco" não foi precedida de cuidados necessários para a cura, o que deve ter provocado diminuição da resistência.

Quanto às placas "parede", não apresentaram, e-las, nenhuma sinal aparente de fissuramento, o que era de se esperar, pois estas peças foram pré-fabricadas com as espessuras recomendadas, como se pôde verificar.

Também nas juntas "parede-fundo", de execução mais fácil, não se notaram defeitos aparentes.

O aparecimento destes defeitos e a constante infiltração da água através deles, provocaram a corrosão das telas. O processo de oxidação da armadura provoca um inchamento da mesma, com desagregação da argamassa nos locais atacados. A corrosão das telas em alguns locais, foi tal que determinou o desligamento total dos elementos.

O carreamento do material atrás das placas, foi o responsável pela formação de ocos sob a "prainha", ocasionando o afundamento da mesma em certos locais.

Em determinado ponto da piscina, notou-se a rotação de algumas placas, devido ao desligamento das telas das juntas e a perda de brita, atrás das mesmas, o que provocou aumento do empuxo nestes locais.

Esta deterioração poderia ter sido evitada, se aos primeiros indícios de infiltração, observados pela perda de água no dreno, os responsáveis pela sua manutenção, procurassem promover a recuperação dos defeitos através da técnica correta. A técnica de reparos em estruturas de argamassa armada será tratada em capítulo próprio.

As observações anotadas anteriormente, poderão ser vistas nas figuras de 3.2.3 a 3.2.16.



Fig. 3.2.3 - Abertura da junta "parede-prainha", observada em toda a extensão da piscina.

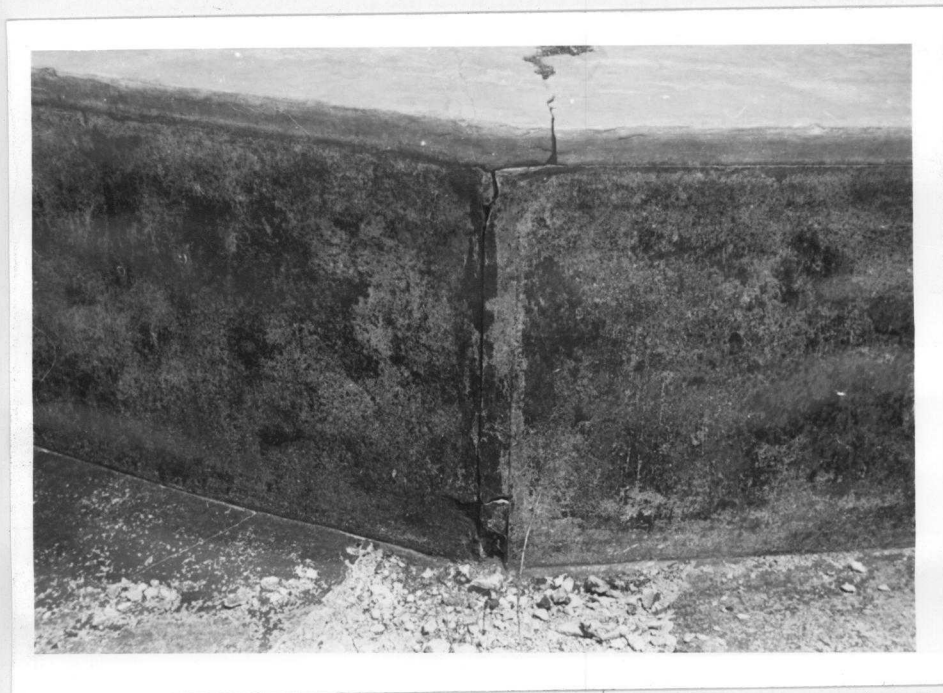


Fig. 3.2.4 - Abertura da junta "parede-parede", observada em 90% dos casos.



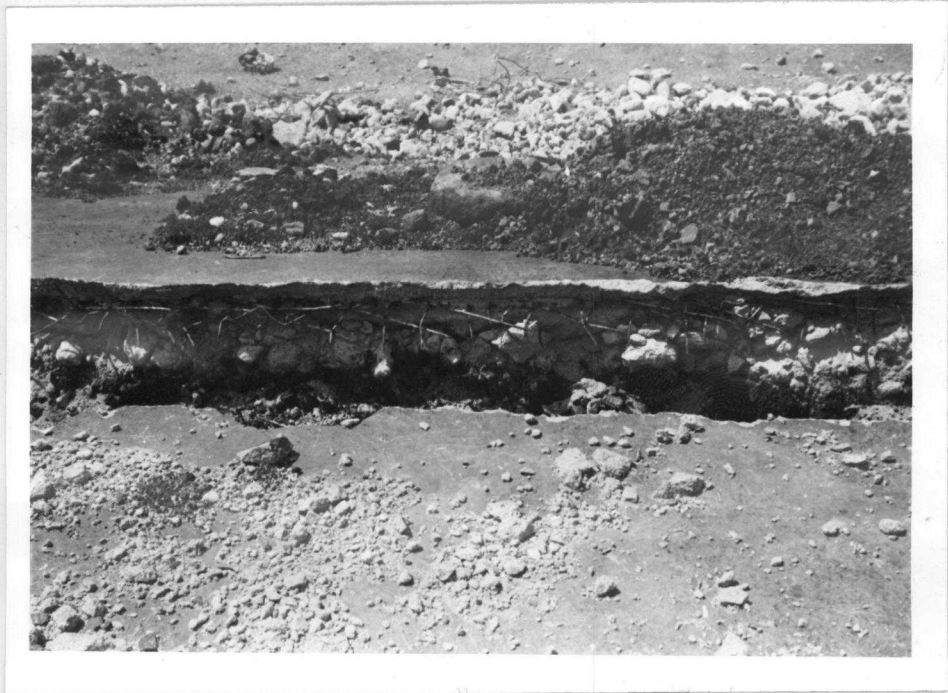


Fig. 3.2.5 - Espessura da "argamassa armada" do fundo. É difícil a distinção entre a argamassa magra de recobrimento da brita e a argamassa armada.



Fig. 3.2.6 - Espessura do recobrimento da armadura da "prainha". Não se notam as telas da junta "parede-prainha".



Fig. 3.2.7 - Fissura da "prainha" no encontro com o "gigante". Uma presença constante.



Fig. 3.2.8 - Fissuramento do fundo com sinais da desagregação da argamassa.





Fig. 3.2.9 - Destruição das juntas. A corrosão provocou o desligamento das peças. Note-se a tentativa de se reparar.



Fig. 3.2.10 - Outra junta destruída. Há um vazio cavernoso atrás das placas. Notem-se as fissuras de retração na argamassa muito rica, empregada em mais uma tentativa, sem sucesso, de vedar a trinca.



Fig. 3.2.11 - Local mais deteriorado, podendo-se notar o giro da placa.



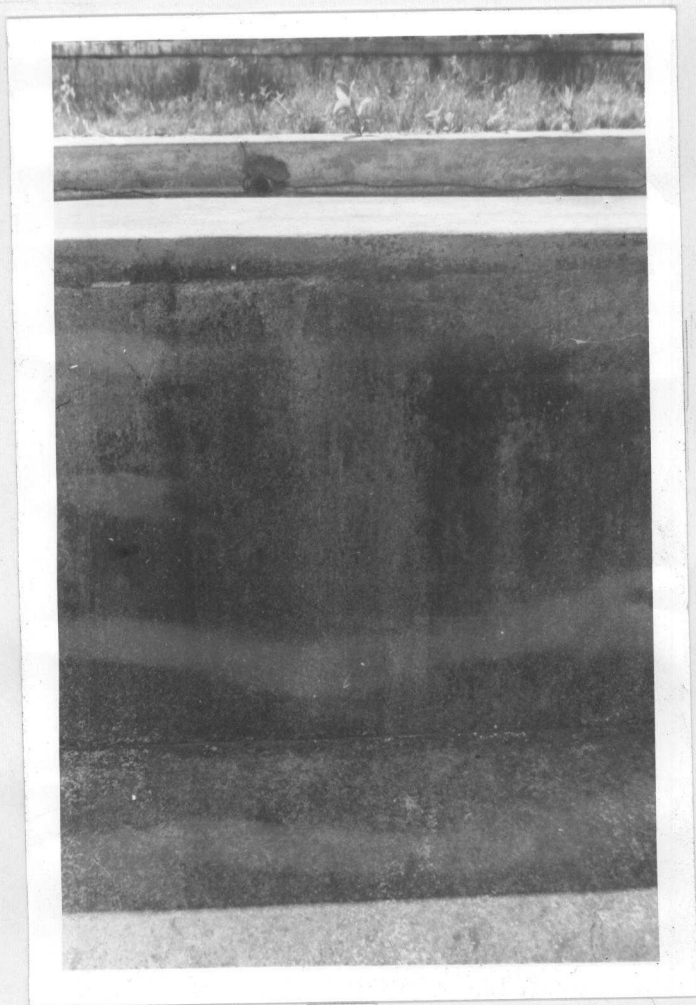


Fig. 3.2.12 - Junta  
"parede-parede"  
sem fissuras.  
Local menos de-  
teriorado.



Fig. 3.2.13 - Destruição da argamassa e corrosão das telas  
na "prainha".



Fig. 3.2.14 - Destruição da argamassa e corrosão das telas na "prainha".



Fig. 3.2.15 - Ruptura e afundamento da "prainha". Note-se o vazio no local.





Fig. 3.2.16 - Perda do recobrimento e destruição das telas da "prainha".

### 3.3 - PISCINA EM RESIDÊNCIA PARTICULAR

Projeto: E.F. Machado Junior

#### 3.3.1 - Os elementos estruturais

Desejava-se construir uma piscina de pequenas dimensões, 4,00 x 8,00m, em função da pequena área disponível, mas com características de uma grande, isto é, uma parte rasa, onde fosse possível nadar e outra com profundidade até 2,00m, aproveitando-se o mais possível a superfície do fundo. A solução encontrada para obter-se maior área na profundidade desejada, foi inclinar os taludes a quase 45° com a horizontal. Planta, cortes e elementos pré-fabricados são apresentados na figura 3.3.1. Este fato, combinado com as pequenas dimensões da piscina, possibilitaram a tentativa de evitar a operação de montagem dos "gigantes" e

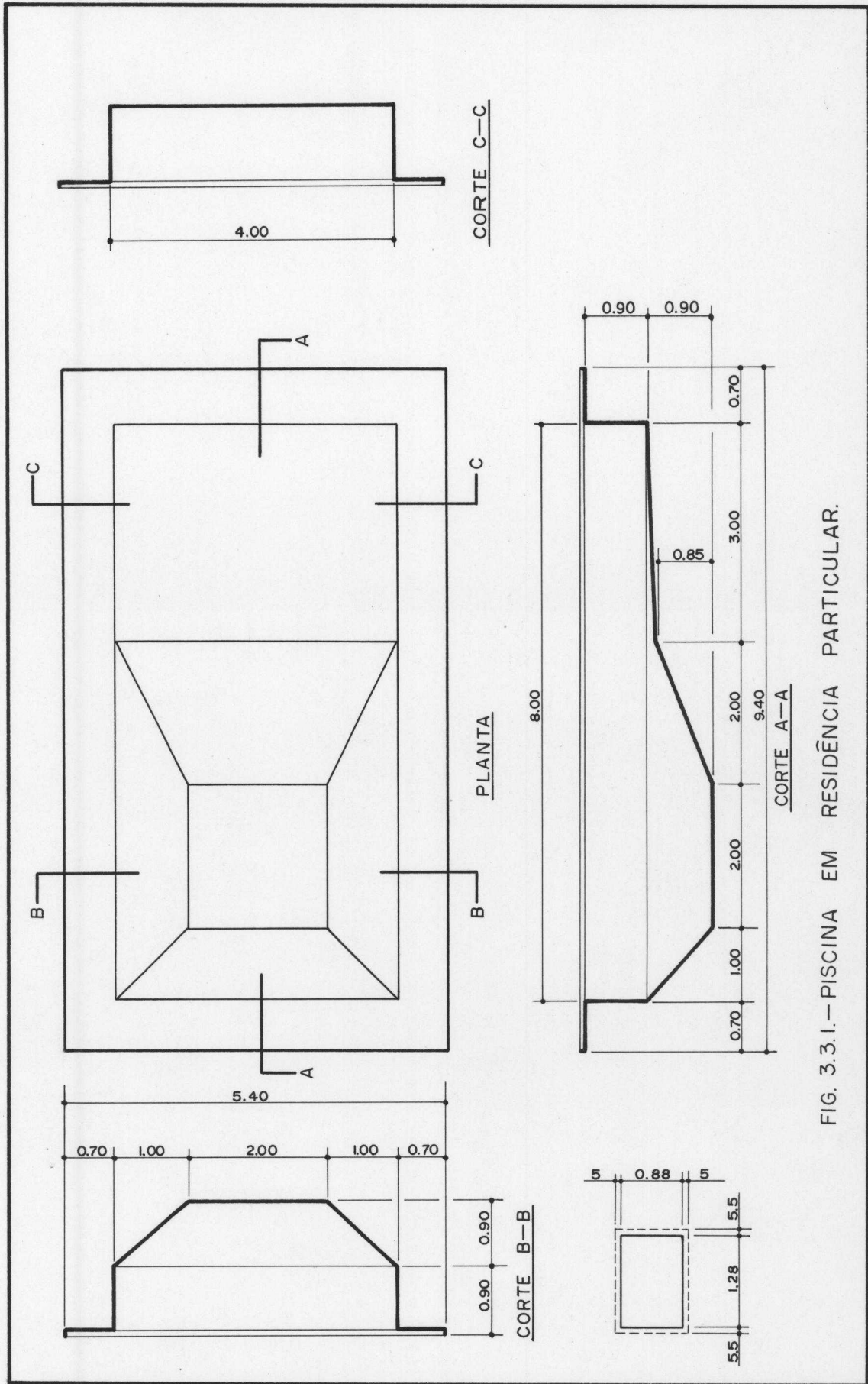


FIG. 3.3.1.- PISCINA EM RESIDÊNCIA PARTICULAR.



"paredes", o que pelas experiências anteriores mostrara-se bastante eficiente, mas trabalhosa.

As placas "gigante" foram totalmente eliminadas, pré-fabricando-se somente as placas "parede", todas de mesma dimensão, 0,88 x 1,28m, armadas com duas telas de malha nº 2, fio 17, com espessura de 1,8cm. A estabilidade destas placas na seção de maior profundidade, foi conseguida através da "prainha" trabalhando como viga horizontal e dos taludes inclinados a quase 45°, formando como que uma seção em arco.

Na seção rasa as placas foram ligadas a pilaretes de seção 0,12 x 0,30m, apoiados ao solo através de pequena sapata em nível abaixo da linha inferior das paredes verticais.

O espaço entre as paredes e o terreno foi preenchido com brita compactada formando-se um filtro vertical com ligação ao filtro do fundo e taludes. A saída da água, eventualmente infiltrada, foi feita através de manilhas conduzidas a um poço de visita para observações periódicas da saída do dreno.

O fundo e taludes foram armados com uma tela de malha nº 2, fio 17 esticada sobre o revestimento de argamassa magra de recobrimento da brita.

Os detalhes da armação da "prainha" e ligação das placas "parede" com os pilaretes, podem ser vistos na figura 3.3.2.

### 3.3.2 - Comentários sobre a construção

A economia no tempo de pré-fabricação das placas foi acentuada, não só pelo fato da eliminação das placas "gigante", como, também, por ter-se uniformizado a sua fabricação num único tipo, diminuindo, assim, a manipulação das formas.

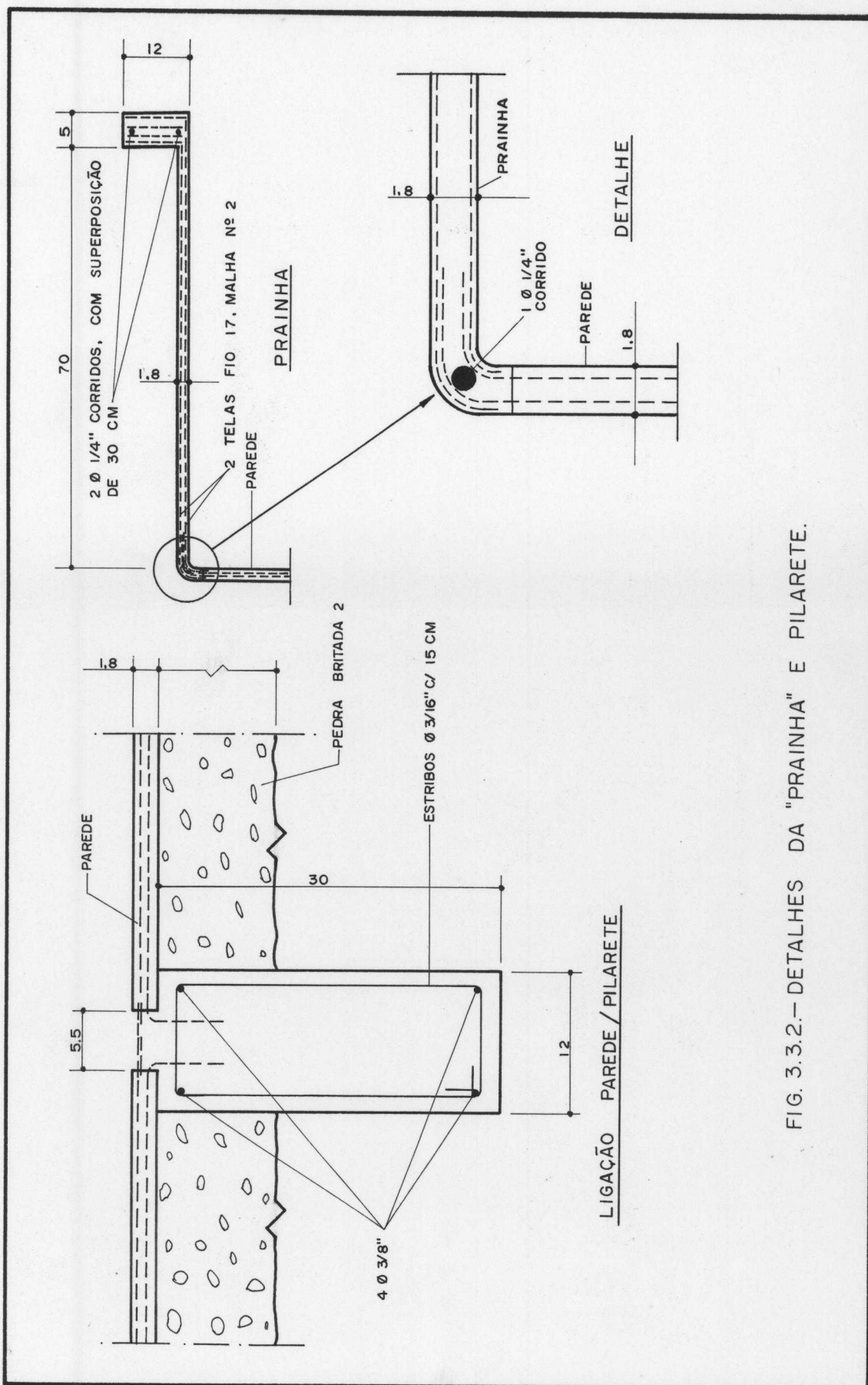


FIG. 3.3.2.- DETALHES DA "PRAINHA" E PILARETE.



A montagem das placas "parede" foi também bastante rápida, sem grandes complicações, notando-se o fácil acesso às telas salientes das placas, quanto à amarração para a confecção das juntas.

Como a estabilidade das placas "parede", na seção de maior profundidade, dependia da "prainha" e esta só é executada após o enchimento com brita do espaço existente entre a parede e o terreno, as placas precisaram permanecer escoradas até o término da "prainha". Já na seção de menor profundidade não houve necessidade da permanência do escoramento após a concretagem dos pilaretes.

Além da economia da mão de obra e do menor consumo de materiais conseguidos nesta construção, ficou comprovada, após os testes de enchimento com água, a eficácia, para pequenas piscinas, do sistema construtivo empregado.



Fig. 3.3.3 - Aspectos finais da construção - Lado fundo

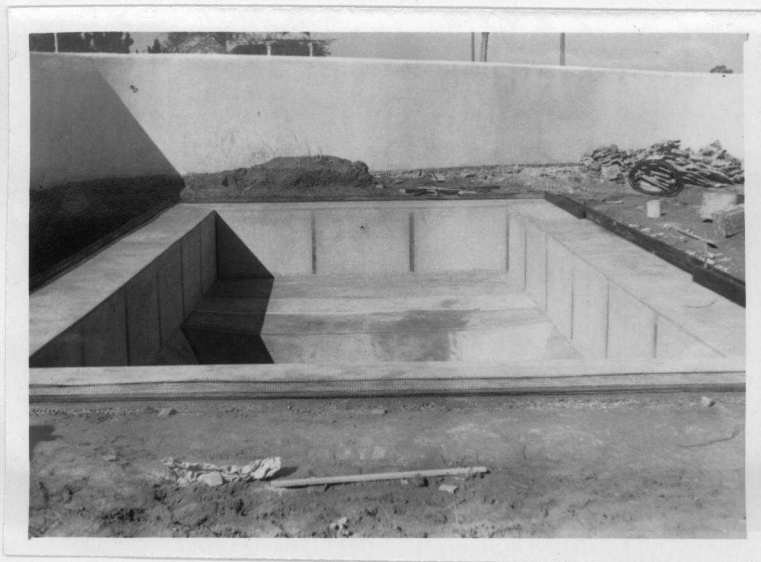


Fig. 3.3.4 - Aspectos finais da construção - Lado raso

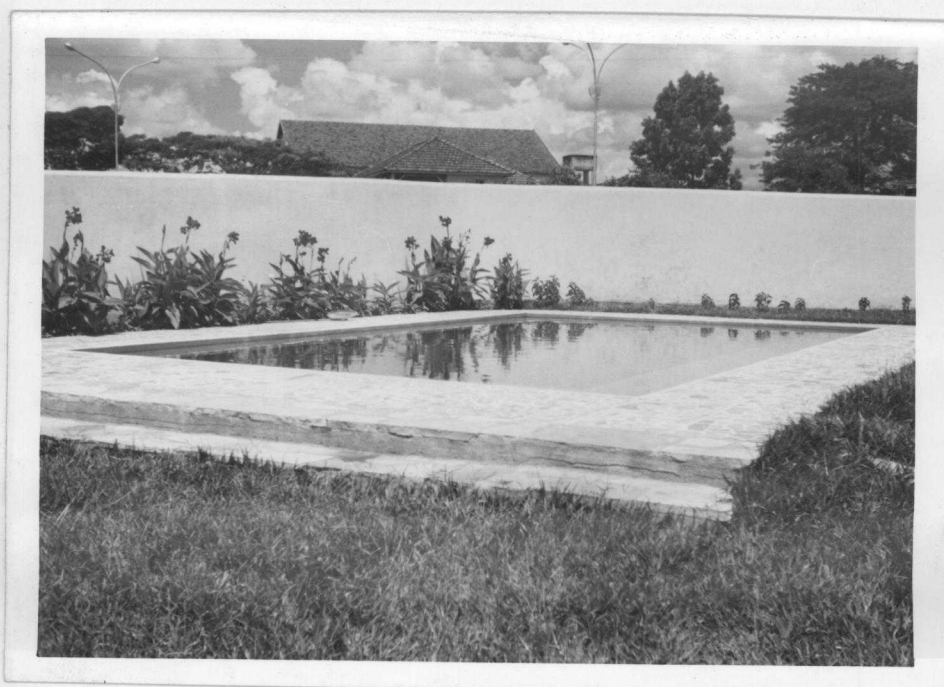


Fig. 3.3.5 - Vista da piscina acabada





Fig. 3.3.6 - Vista da piscina acabada

### 3.3.3 - Estado atual

Construída em 1971, esta piscina também recebeu pintura em sua superfície, após período de experimentação. Esta espera, sempre recomendada, deve-se ao fato de que sendo a pintura a base de epoxi ou borracha clorada, um componente altamente dispendioso, procura-se observar a ocorrência de possíveis danos causados por recalques ou falhas de execução. Estes danos, geralmente constatados pela saída de água pela manilha do dreno, são perfeitamente reparáveis.

Somente após verificar-se o perfeito desempenho da piscina, ela deve ser pintada.

Durante os sete anos de utilização não foram constatados vasamentos nos drenos, nem deformações nas paredes onde, como já se disse, foram dispensadas as placas "gigante".

Para pequenas piscinas parece, portanto, ser viável o uso da "prainha" como elemento de estabilização das paredes verticais, como também a utilização dos pilaretes sobre pequenas sapatas, formando-se assim, um conjunto estrutural de comportamento satisfatório.

### 3.4 - PISCINA EM RESIDÊNCIA PARTICULAR

Projeto: E.F. Machado Junior

#### 3.4.1 - Os elementos estruturais

Em razão das pequenas dimensões da área disponível e em virtude de ter-se alcançado bons resultados com pequenas piscinas, utilizando-se o sistema "prainha-pilarete" para a estabilidade das placas verticais, procurou-se neste caso evitar os taludes para aumentar a profundidade. Isto foi conseguido pré-fabricando-se placas "parede" que variavam de 0,68 a 1,18m de altura. Foi esta, portanto, a primeira experiência com utilização de paredes verticais com mais de 0,90m.

As dimensões da piscina e os elementos pré-fabricados podem ser vistos nas figuras 3.4.1 e 3.4.2.

As placas "parede", foram armadas com duas telas de malha nº 2, fio nº 17, deixando-se telas salientes para a confecção das juntas. A estabilidade das paredes foi conseguida através da execução de pilaretes armados com 4 ferros  $\phi$  5/16", apoiados sobre o solo um pouco abaixo do fundo, por sapatas de aproximadamente 0,40 x 0,40m.

Sobre o fundo devidamente compactado, espalhou-se uma camada de brita nº 2, com espessura de 6cm, revestida com 2cm de argamassa magra sarrafeada, dando a conformação final do fundo. Previu-se, também, saída de dreno com visita, para inspeção de possíveis infiltrações. O fundo foi armado com uma tela com as mesmas características

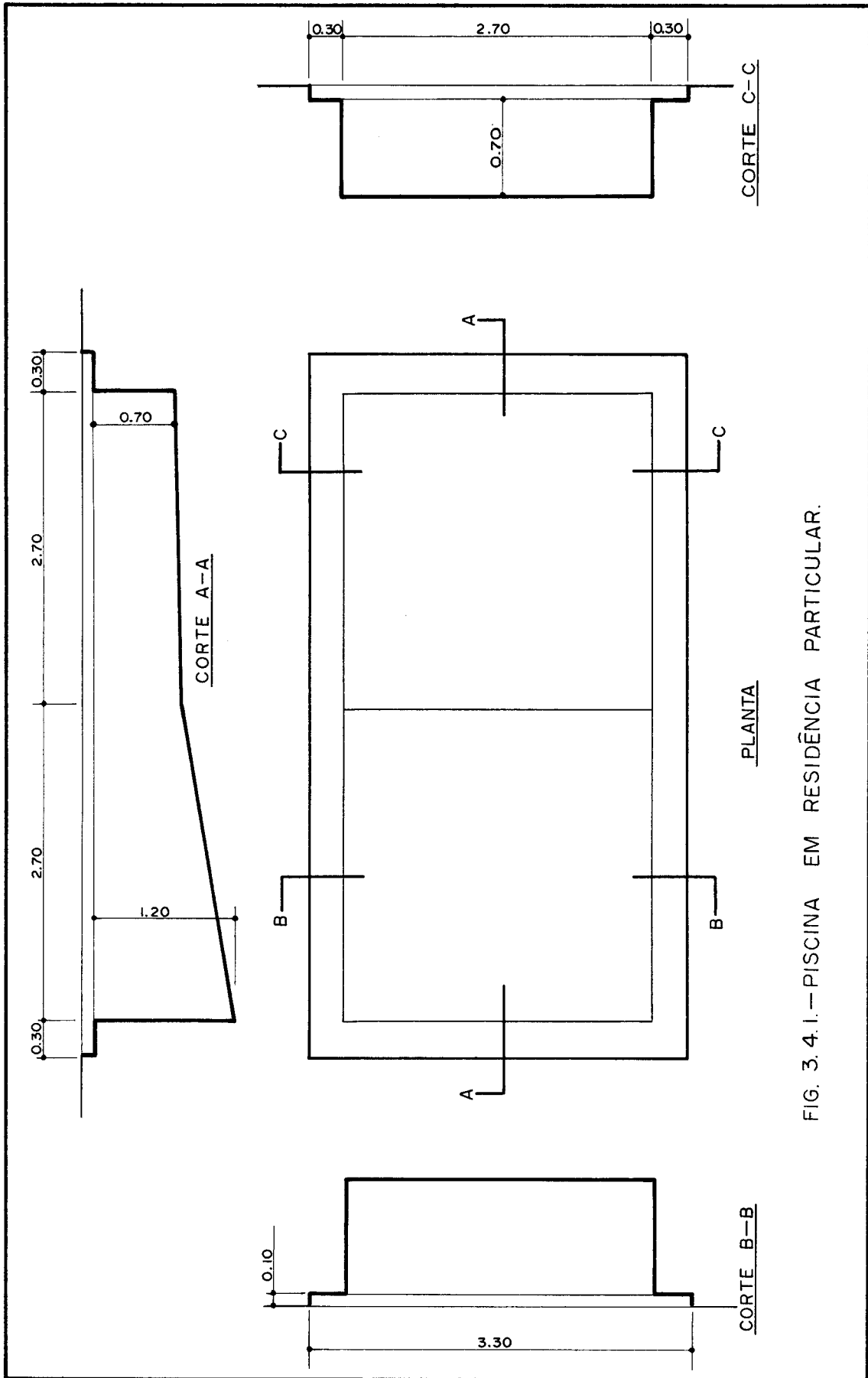


FIG. 3. 4. 1.—PISCINA EM RESIDÊNCIA PARTICULAR.

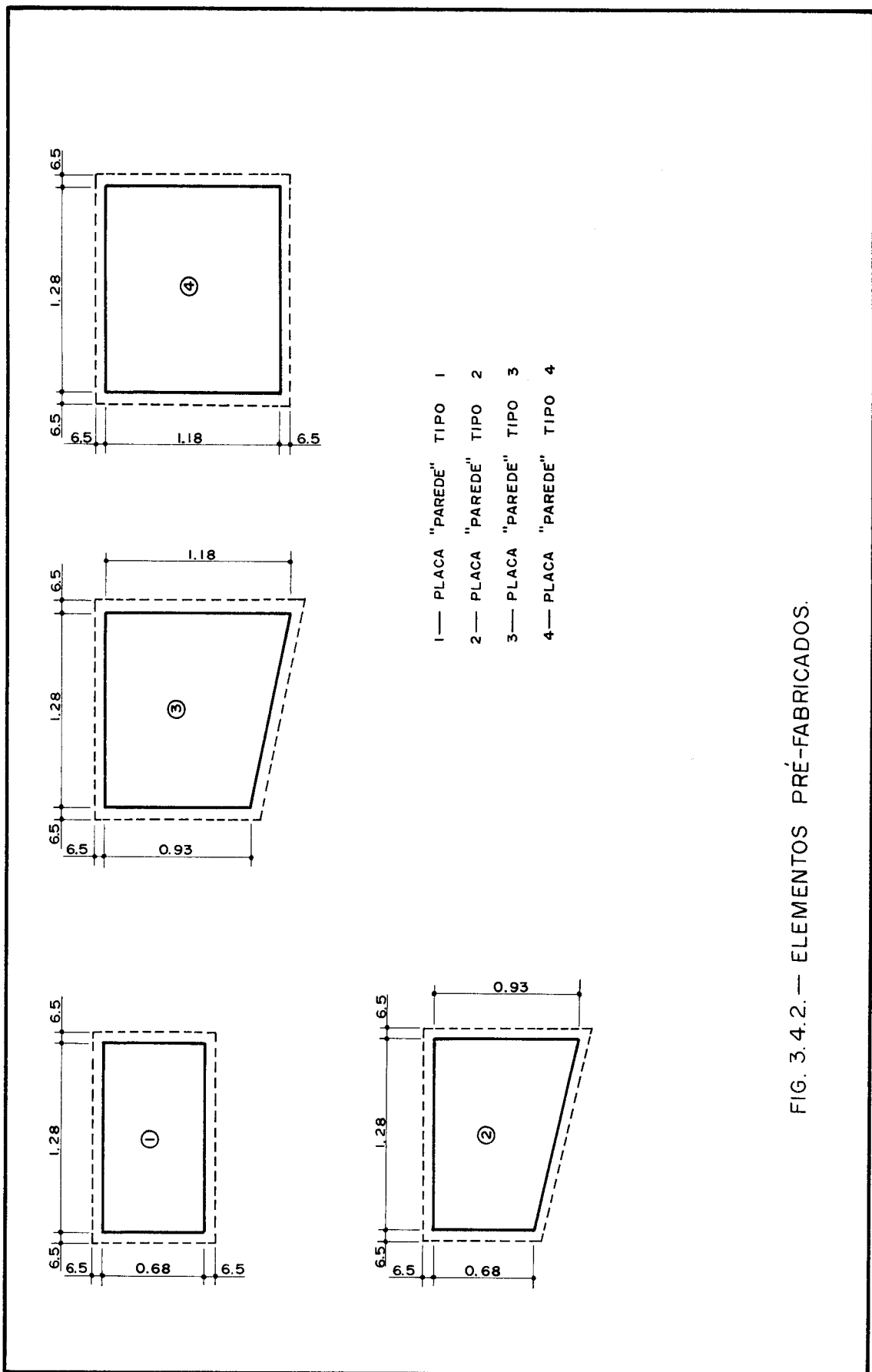


FIG. 3.4.2. — ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS.



já descritas. A espessura das placas pré-fabricadas foi fixada em 1,8cm e do fundo em 1,4cm. O espaço entre o corte do terreno e as placas "parede" foi preenchido com brita nº 2, compactada.

A "prainha" foi executada no local, com a base preparada como no fundo e armada com duas telas iguais às utilizadas nos outros elementos.

#### 3.4.2 - A execução da obra

Esta obra foi executada por um pedreiro e um servente, durante aproximadamente 45 dias, desde a escavação até a fase de enchimento com água. Os resultados obtidos, quer econômicos ou de desempenho foram os melhores possíveis. Deve-se entretanto, ressaltar que as pequenas dimensões e a mão de obra empregada, já com bastante experiência anterior, muito contribuíram para isso.

A pré-fabricação das placas "parede" foi rápida, utilizando-se cloreto de cálcio como acelerador de pega, na proporção de 2% sobre o peso de cimento, dissolvido na água de amassamento. Com este artifício, a cada 72 horas as placas podiam ser retiradas da forma que ficava liberada para nova série. Foi utilizado apenas um jogo de formas. A sequência de pré-fabricação foi a seguinte: duas séries com 3 placas tipo 1; uma série com quatro placas, duas tipo 2 e duas tipo 3; e finalmente, uma série para a fabricação de duas placas tipo 4. Esta sequência pode ser vista nas figuras 3.4.3 a 3.4.9.

Os serviços preliminares foram executados nos intervalos entre a pré-fabricação de cada série.

Escavado o terreno, com folga de 0,40m para cada lado em ambas direções, o fundo foi compactado em camadas, deixando-o com o perfil final, descontadas as espessuras da brita, capeamento e argamassa armada. Em seguida foram concretadas as sapatas dos pilaretes, deixando-se os arran



Fig. 3.4.3 - Base de madeira, sobre a qual foram pré-fabricadas as placas.



Fig. 3.4.4 - Forma para fabricar as placas tipo 1, vendo-se as telas mantidas esticadas através de esticadores.



Fig. 3.4.5 - Fase inicial da confecção. A argamassa está sendo forçada contra as telas com a colher.

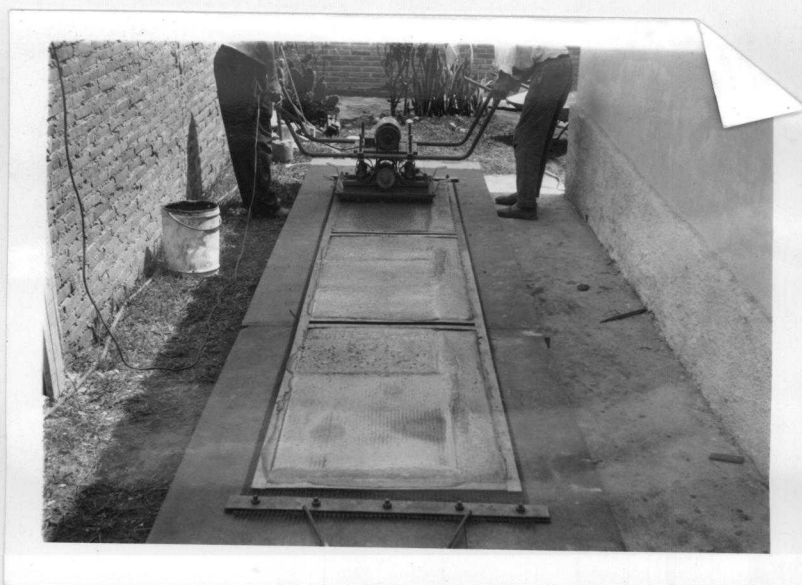


Fig. 3.4.6 - Adensamento da argamassa com vibrador de placa. O sistema utilizado dá grande rendimento na pré-fabricação.





Fig. 3.4.7 - Proteção da argamassa logo após o acabamento, com capa plástica de cor clara para evitar evaporação da água de amassamento.

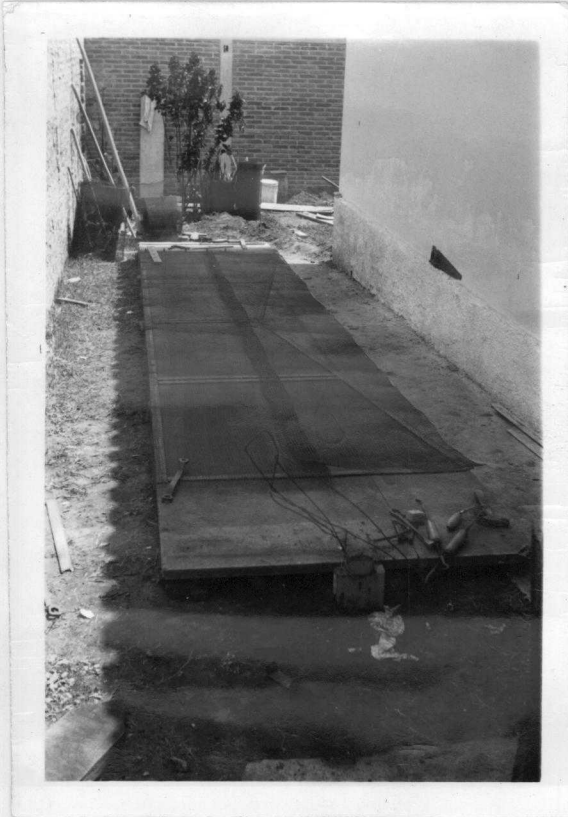


Fig. 3.4.8 - Montagem da armadura para as placas tipo 2 e 3.

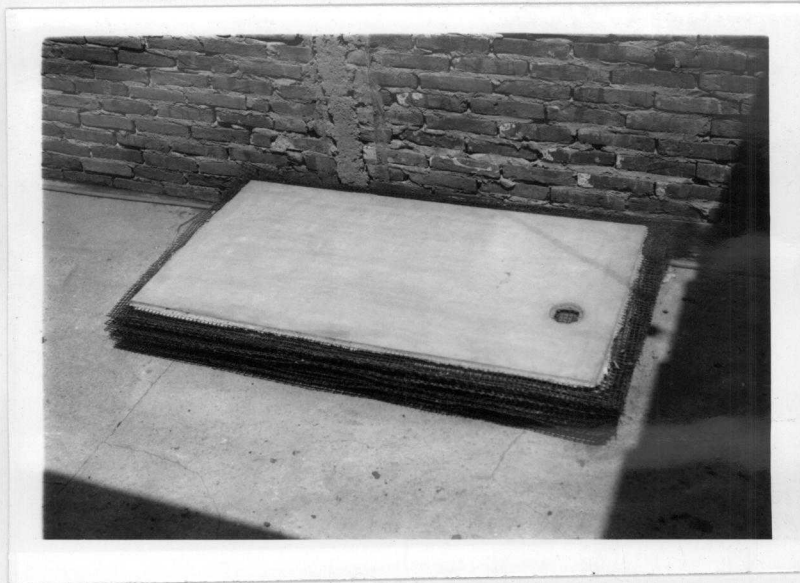


Fig. 3.4.9 - Peças desformadas e estocadas aguardando a montagem. Note-se o pequeno volume de seis placas tipo 1 justapostas.



ques e executada a ligação da drenagem ao poço de visita a través de manilhas de barro.

A brita da drenagem do fundo foi espalhada e compactada na espessura fixada, sendo capeada, em seguida, com argamassa magra. Com o fundo preparado, foram estendidas as telas da armadura e montadas as placas "parede".

Posteriormente à concretagem dos pilaretes, e des forma, retirou-se o escoramento das placas e o vazio entre elas e o terreno foi preenchido com brita 2 compactada.

Durante a moldagem do fundo, cuidou-se de sua pro teção através de cobertura, com capa plástica, iniciando-se os cuidados com a cura o mais rápido possível após cada moldagem.

Como a "prainha" tem apenas 0,30m, sua execução foi simplificada, pois a própria brita a montante das placas serviu de drenagem, precisando apenas ser capeada com pequena inclinação para dentro da piscina. As juntas das "paredes" foram moldadas ao mesmo tempo que a prainha, encerrando-se os serviços. Enquanto construíam-se os passeios laterais procedeu-se ao enchimento da piscina para o teste de desempenho, o qual foi plenamente satisfatório.

As sequências destas operações são apresentadas através das figuras 3.4.10 a 3.4.23.



Fig. 3.4.10 - Fase inicial da escavação



Fig. 3.4.11 - A escavação já toma, aproximadamente, a forma final.



Fig. 3.4.12 - Apiloamento do fundo com maço de 30kg



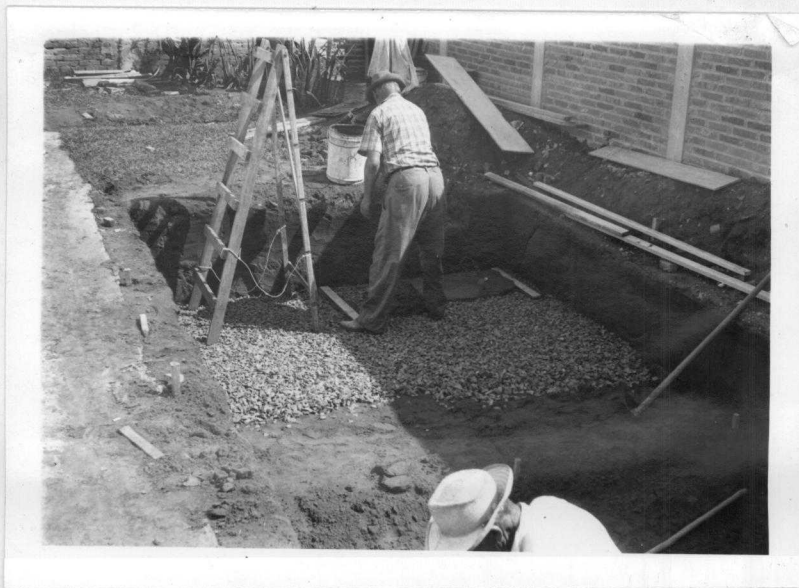


Fig. 3.4.13 - Drenagem do fundo - espalhamento da brita sobre o solo apilado.



Fig. 3.4.14 - Revestimento da drenagem com argamassa magra





Fig. 3.4.15 - Colocação da armadura de fundo



Fig. 3.4.16 - Fase final da armação do fundo. Notem-se as emendas das telas.



Fig. 3.4.17 - Montagem e escoramento das placas "parede"



Fig. 3.4.18 - Aspecto final da montagem das placas, já tendo sido concretados os pilaretes.





Fig. 3.4.19 - Execução da argamassa do fundo. Note-se o "enchimento" com brita nº 2 entre o terreno e as paredes, envolvendo o pilarete.



Fig. 3.4.20 - Final da moldagem do fundo



Fig. 3.4.21 - Final da moldagem. Ao fundo pode-se ver a cobertura de proteção com capa plástica.

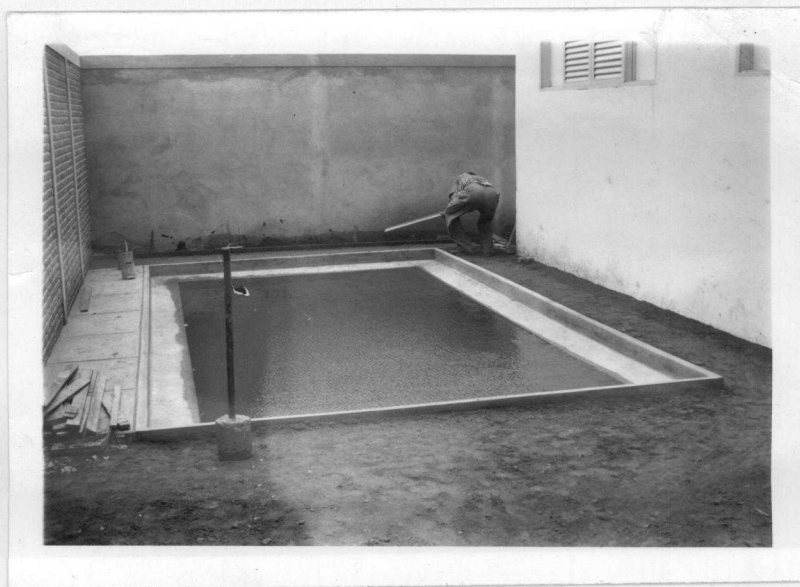


Fig. 3.4.22 - Acabamentos finais das laterais, com a piscina já totalmente cheia.





Fig. 3.4.23 - Acabamentos finais. A estanqueidade foi perfeita.



Fig. 3.4.24 - Vista global da piscina acabada

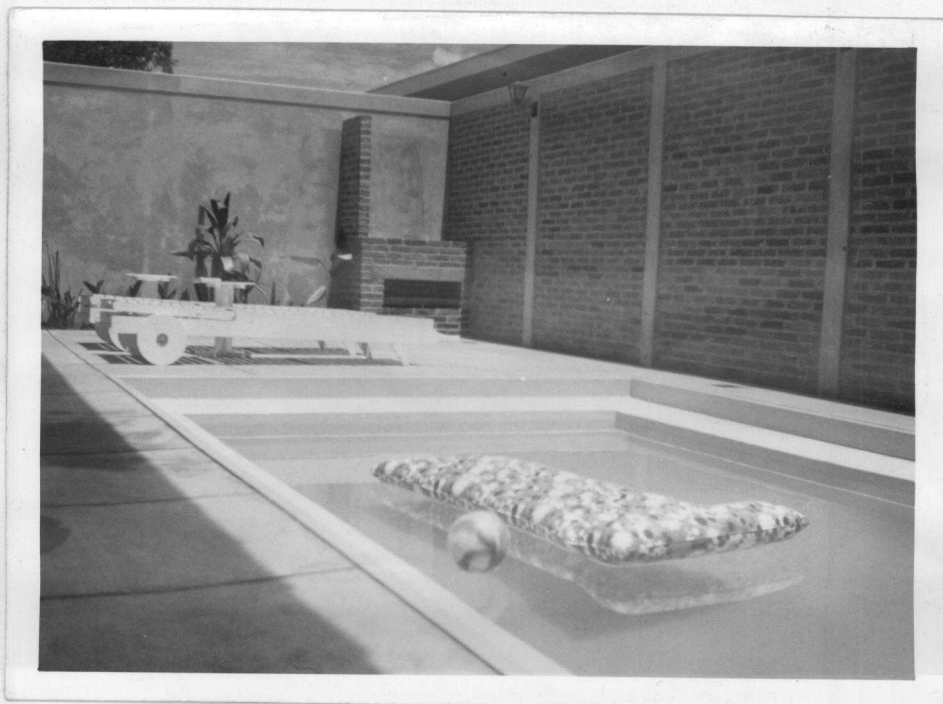


Fig. 3.4.25 - Vista do conjunto ocupando totalmente a área disponível (5,40 x 12,00m).

### 3.4.3 - Comentários sobre a construção

Nesta obra, procurou-se utilizar os meios mais simplificados de execução, na tentativa de se observar o desempenho, sem sofisticação de mão de obra e equipamentos.

Todos os serviços, desde a escavação (manual) até o acabamento das superfícies com tinta à base de borraça clorada, passando pelas instalações hidráulicas, foram executadas por um pedreiro e um servente. O concreto dos pilaretes foi misturado manualmente, dentro dos preceitos da boa execução e seu adensamento, facilitado pela pequena altura das peças, realizado com soquete de ferro redondo. A argamassa foi dosada em volume, no traço 1:2 e também misturada manualmente em caixa estanque.

Não se pode prescindir porém, do vibrador de placa para o adensamento da argamassa, pois as características requeridas tais como, impermeabilidade e resistência, depen



dem diretamente de uma perfeita vibração da massa e controle de sua espessura. Este equipamento, como será mostrado em outro capítulo, pode ser facilmente confeccionado. Em face dos resultados obtidos, tanto econômicos como de aparência e comportamento, pensou-se ter chegado a um modelo simplificado para a execução de pequenas piscinas em argamassa armada.

### 3.5 - PISCINA DO CLUBE DE CAMPO DA ASSOCIAÇÃO BENEFICENTE DOS ALFAIATES DE SÃO CARLOS - A.B.A.S.C.

Projeto da estrutura em argamassa armada: E.F. Machado Junior e J.C. Barreiro.

#### 3.5.1 - Os elementos estruturais

Com um espelho d'água de aproximadamente  $1.000\text{m}^2$ , esta é a maior piscina em argamassa armada, construída pelo processo dos "pilaretes" como elementos formadores das juntas e estabilizadores das placas "parede" verticais.

Foram pré-fabricadas 112 placas de dimensões  $1,20 \times 0,88\text{m}$  armadas com duas telas de fio nº 18, malha nº 2. A espessura acabada das peças foi fixada em  $1,8\text{cm}$ . Algumas placas eram diferenciadas pela posição do furo deixado, durante a fabricação, para posterior colocação do equipamento de filtragem do tratamento de água. A forma e dimensões dos elementos pré-fabricados, encontram-se na figura 3.5.2.

Nesta obra, dada a quantidade de placas, foram construídas três formas com base de alvenaria, revestida de argamassa alisada a colher, o que possibilitou a execução de maior quantidade em cada série. A sequência da pré-fabricação pode ser vista nas figuras 3.5.3 a 3.5.16.

Os "pilaretes" com seção  $0,12 \times 0,30\text{m}$  foram armados com  $4 \phi 3/8"$  e apoiados sobre "brocas" de  $3,00\text{m}$ , em substituição às sapatas, por proposta da empreiteira.

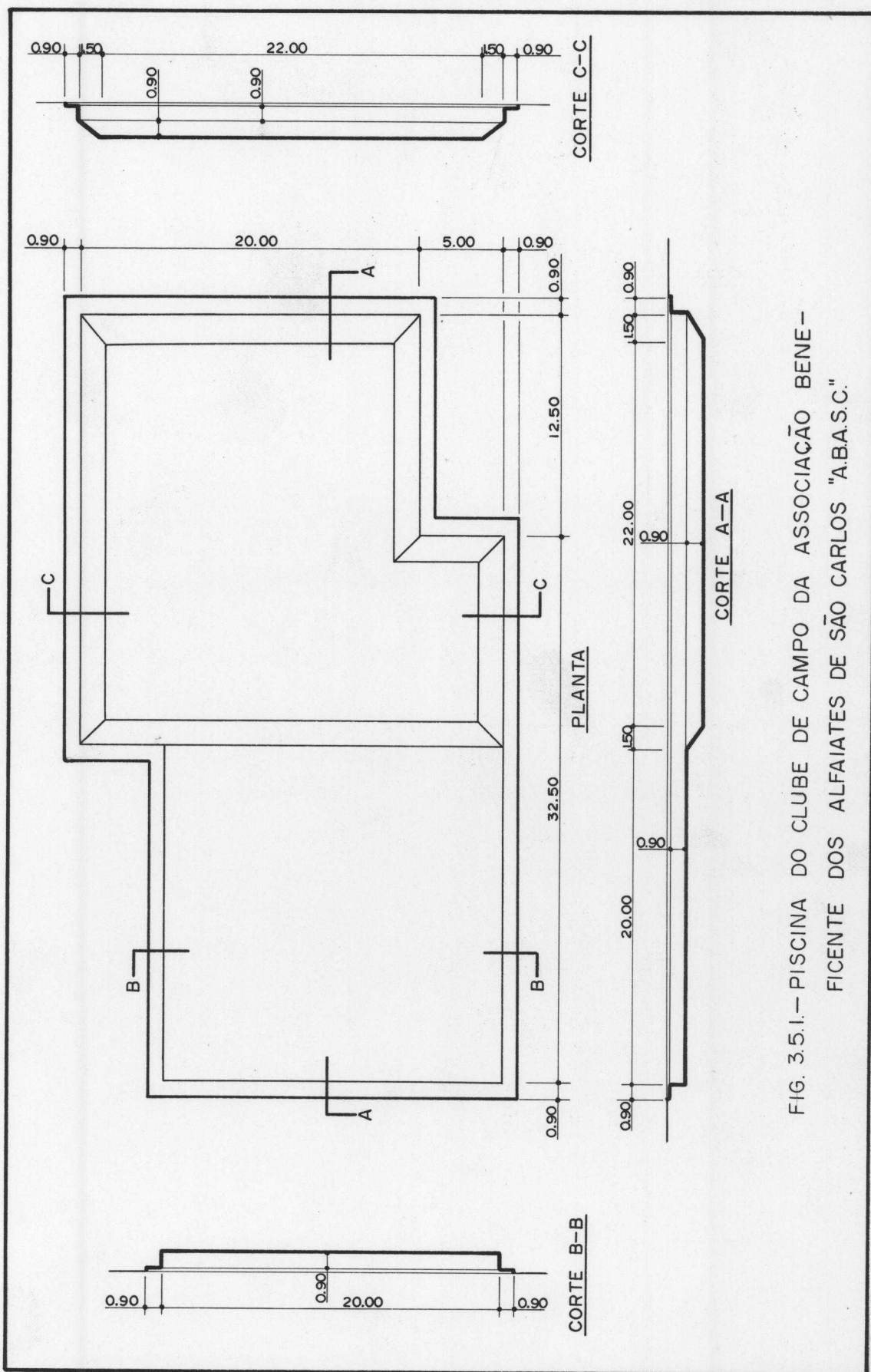
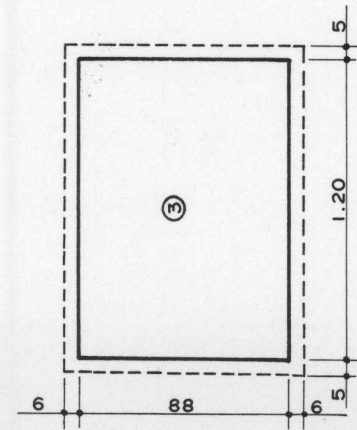


FIG. 3.5.1.- PISCINA DO CLUBE DE CAMPO DA ASSOCIAÇÃO BENE-  
FICENTE DOS ALFAIATES DE SÃO CARLOS "A.B.A.S.C."





- 1 — PLACA "PAREDE" TIPO 1
- 2 — PLACA "PAREDE" TIPO 2
- 3 — PLACA "PAREDE" TIPO 3

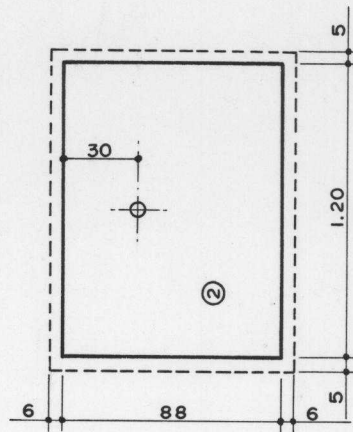
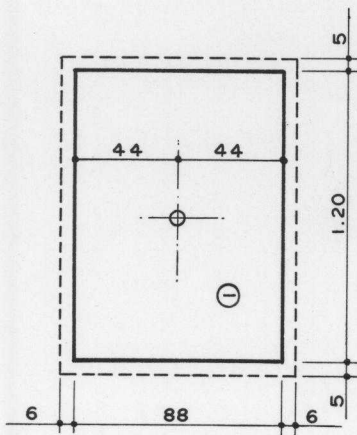


FIG. 3.5.2.— ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

Os taludes e fundo, bem como a "prainha", foram moldados no local e armados com duas telas de malha nº 2, fio 18 esticadas sobre o cobrimento da drenagem de brita nº 2. À montante das placas "parede" foram previstos filtros verticais de brita nº 2, compactada.

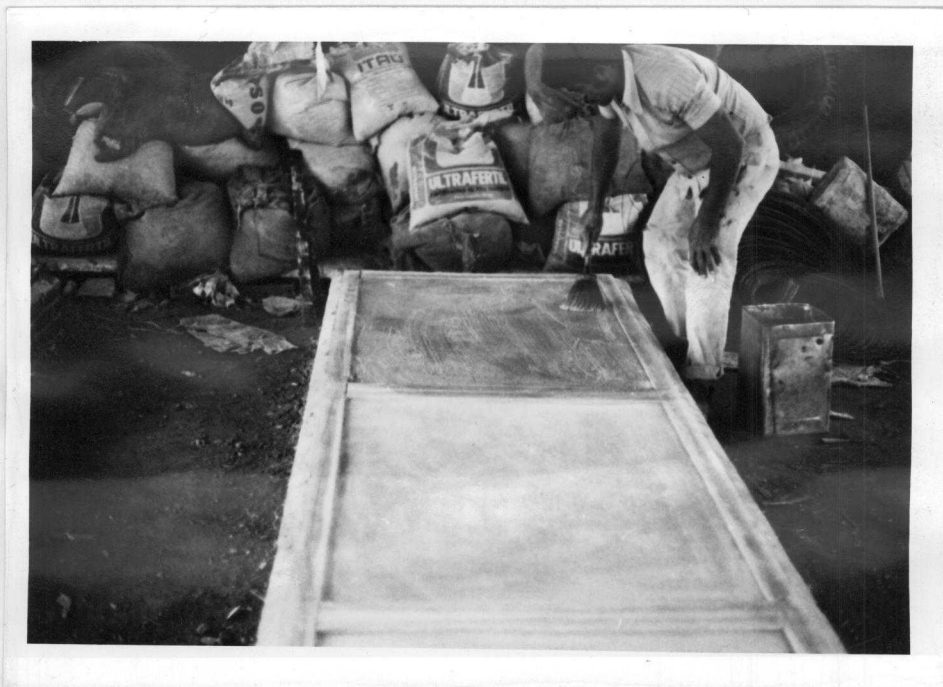


Fig. 3.5.3 - Pintura da superfície da forma de alvenaria com desmoldante líquido.





Fig. 3.5.4 - Tela da armadura das placas "parede", sendo desenrolada sobre a forma preparada.



Fig. 3.5.5 - Operador tracionando os cabos do esticador para manter a tela perfeitamente posicionada na forma.



Fig. 3.5.6 - Esticadores das telas inferior e superior





Fig. 3.5.7 - Fase final da montagem das formas



Fig. 3.5.8 - Início da moldagem das placas



Fig. 3.5.9 - Adensamento da argamassa através de vibrador de placa.





Fig. 3.5.10 - Acabamento com desempenadeira



Fig. 3.5.11 - Corte das telas salientes, após cura e desforma.





Fig. 3.5.12 - Retirada das placas, da base, através de gancho passado pela abertura das malhas.



Fig. 3.5.13 - Estocagem das peças pré-fabricadas para complementação da cura.



Fig. 3.5.14 - Peças estocadas, prontas para utilização



Fig. 3.5.15 - Perfeito controle da espessura do cobrimento das telas. Note-se a comparação com a tampa da caneta.



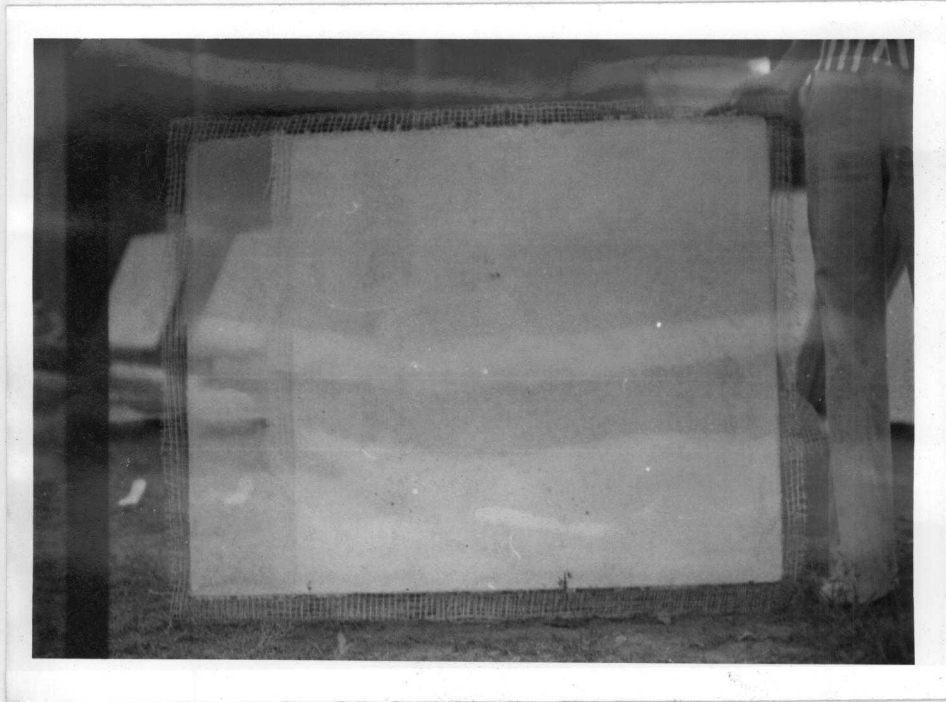


Fig. 3.5.16 - Aspecto da placa pré-fabricada

### 3.5.2 - A execução da obra

No geral, apenas alguns detalhes diferenciaram esta obra das demais.

Como o terreno já havia sido escavado, não houve orientação no sentido da escavação tomar a forma inclinada prevista no projeto para o fundo da piscina. Este fato importou na execução de pilaretes de altura dupla nas seções mais profundas, concretados em duas partes. Por sugestão da empreiteira, em lugar de sapatas, foram executadas brocas de concreto com 3,00 metros.

Um fato que ainda não havia sido observado em outras obras, foi a deformação das telas da armadura do fundo com a formação de "bolhas" que obrigavam, antes das moldagens, novo estiramento. Estas "bolhas" podem ser explicadas, pelo forte calor reinante na época, pelo grande comprimento da tela e pela utilização de arame mais fino, que por ter menor seção aquece-se mais rapidamente.

Aproximadamente 10 dias, após o término dos serviços, iniciou-se o teste de enchimento, por partes de no máximo 0,50m de altura, por dia, com observação constante da saída dos drenos. Pode-se, assim, observar o comportamento das várias seções da piscina, pois foram previstas saídas separadas, uma para os drenos da seção rasa e outra para a parte funda. Constatada a perfeita estanqueidade da argamassa, procedeu-se ao esvaziamento, secagem das superfícies e pintura à base de resina epoxi.

Algumas das fases da execução podem ser vistas nas figuras 3.5.17 a 3.5.20.

### 3.5.3 - Comentários sobre a construção

Mais uma vez comprovou-se que a execução cuidadosa, com observância dos detalhes das juntas, recobrimento das telas e controle da espessura da argamassa, bem como os cuidados com o preparo, lançamento e cura, levam a resultados extremamente positivos quanto ao desempenho e acabamento da obra em argamassa armada.

Os cuidados com o terreno, principalmente quando se trata de reaterro, como foi o caso em grande parte dos taludes de fundo, e com a drenagem, também contribuíram para a obtenção do resultado esperado.

Quanto aos pilaretes sobre brocas de concreto, apesar de em certos casos mostrarem-se mais econômicos, a diferença de resistência entre as camadas de apoio das brocas e do fundo da piscina, podem levar a recalques diferenciais danosos.

Esta piscina, sendo a mais recente construída sob a nossa orientação, encontra-se em utilização há quase um ano, sem demonstrar quaisquer problemas quanto a vazamentos.





Fig. 3.5.17 - Pilaretes da seção de maior profundidade, com a parte inferior já concretada.



Fig. 3.5.18 - "Brocas" concretadas na seção rasa, notando-se os arranques dos pilaretes.





Fig. 3.5.19 - Detalhe dos pilaretes da seção profunda



Fig. 3.5.20 - Detalhe das "brocas" com os arranques dos pilaretes.





Fig. 3.5.21 - Vista parcial da piscina



Fig. 3.5.22 - Vista parcial da piscina

### 3.6 - OBSERVAÇÕES FINAIS

Todas as piscinas apresentadas, com exceção de Barra Bonita, estão em pleno funcionamento, atestando o bom desempenho da argamassa armada, quando executada observando-se os preceitos técnicos recomendados.

Com exceção das duas construídas pelo sistema de pilaretes, sobre pequenas sapatas superficiais, as demais apresentaram fissuração da "prainha" em maior ou menor escala na região das placas "gigantes" ou pilarete sobre "brocas".

As piscinas executadas pelo sistema de placas "gigante" já foram comentadas sobre este aspecto, restando a conclusão de que o aparecimento de fissuras na "prainha", observadas na piscina da A.B.A.S.C., deve-se à maior rigidez dos pilaretes em relação à "prainha". Isto parece confirmar o melhor desempenho das pequenas sapatas superficiais.

Outra observação importante, foi quanto a fissuras nos pontos onde a "prainha" forma ângulos retos. Esta ocorrência foi constatada em todas as piscinas analisadas. Acredita-se que um reforço na armadura naquele local, resolveria o problema nas piscinas construídas com pilaretes sobre sapatas.

#### 4. OS RESERVATÓRIOS DE ARGAMASSA ARMADA

O sucesso alcançado com as piscinas de argamassa armada, quer quanto ao comportamento estrutural, quer quanto à economia da mão de obra e materiais, quando comparado com o concreto armado, mostrou a possibilidade da construção de reservatórios enterrados de grande volume com o mesmo material. Aliou-se, desse modo, à técnica de construção de piscinas, a de grandes coberturas em argamassa armada, já bastante difundida, formando então o elenco de conhecimentos necessários para tal empreendimento.

##### 4.1 - RESERVATÓRIOS ENTERRADOS DO DAAE - ARARAQUARA - SP.

Projeto: F. Schiel e L. Petroni

Este foi sem sombra de dúvida, o mais importante empreendimento realizado em argamassa armada. As lições recebidas durante sua construção e na fase dos testes de funcionamento, serviram para confirmar e aumentar os conhecimentos sobre o desempenho do material, trazendo a certeza



de ter-se encontrado a aplicação de grande amplitude para a argamassa armada.

Com capacidade de reservação de 3.000.000 litros cada um, os dois reservatórios construídos em Araraquara têm 22,50 x 48,00m, com taludes inclinados a 45°, atingindo uma profundidade de 3,60m. Para receber a cobertura, feita com peças pré-fabricadas, também em argamassa armada, projetou-se, internamente aos reservatórios, uma estrutura em concreto armado, composta de sapatas, pilares e vigas.

As plantas e cortes, com as dimensões dos reservatórios podem ser vistas na figura 4.1.

#### 4.1.1 - Elementos estruturais

Vamos tratar aqui, somente da estrutura em argamassa armada, tanto do reservatório quanto da cobertura, apenas lembrando que a opção por sapatas nas fundações da estrutura de apoio da cobertura, foi ditada pela natureza do solo na região e para se evitar rigidez diferente do fundo e da estrutura de concreto armado.

A argamassa armada do fundo e dos taludes, foi projetada com 2cm de espessura, armada com 2 telas de 5 x 5cm, com fios de aço doce de 2,7mm de diâmetro. Em virtude da dificuldade de se obter esta tela, a armadura foi substituída por duas telas de malha nº 2, de fio nº 17, perfeitamente condizente com o projeto. Isto inclusive, deveria proporcionar melhores condições de manuseio na colocação das telas.

Para a drenagem do fundo, foi especificada uma camada de brita nº 2, com 5cm de espessura, revestida com argamassa magra. Já nos taludes, prevendo-se a dificuldade de se fazer o mesmo tipo de drenagem, foram realizados dois ensaios para a determinação do mais adequado.

Primeiramente ensaiou-se a base de concreto sem finos, que foi descartada pelo seu custo elevado e dificultado.

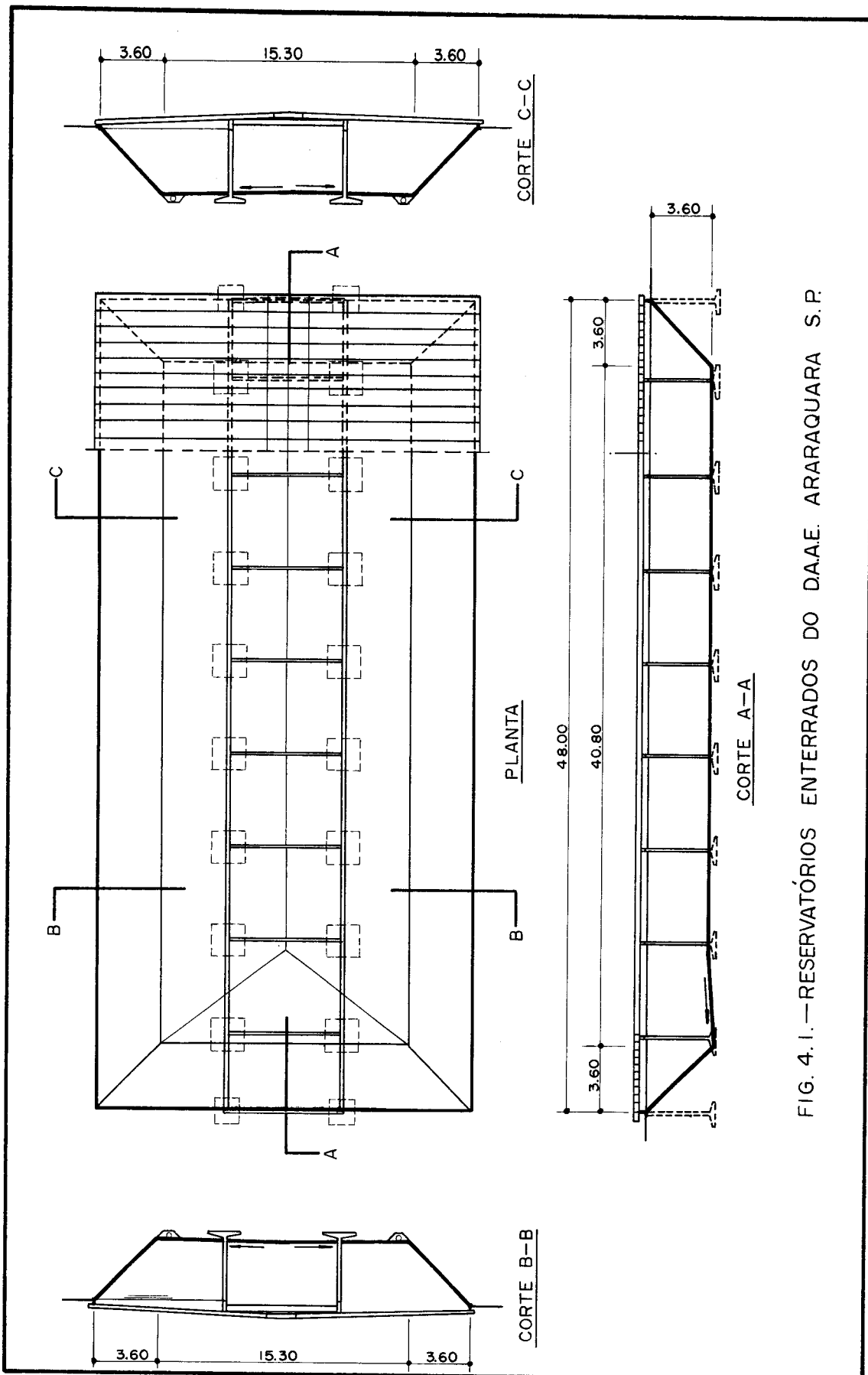
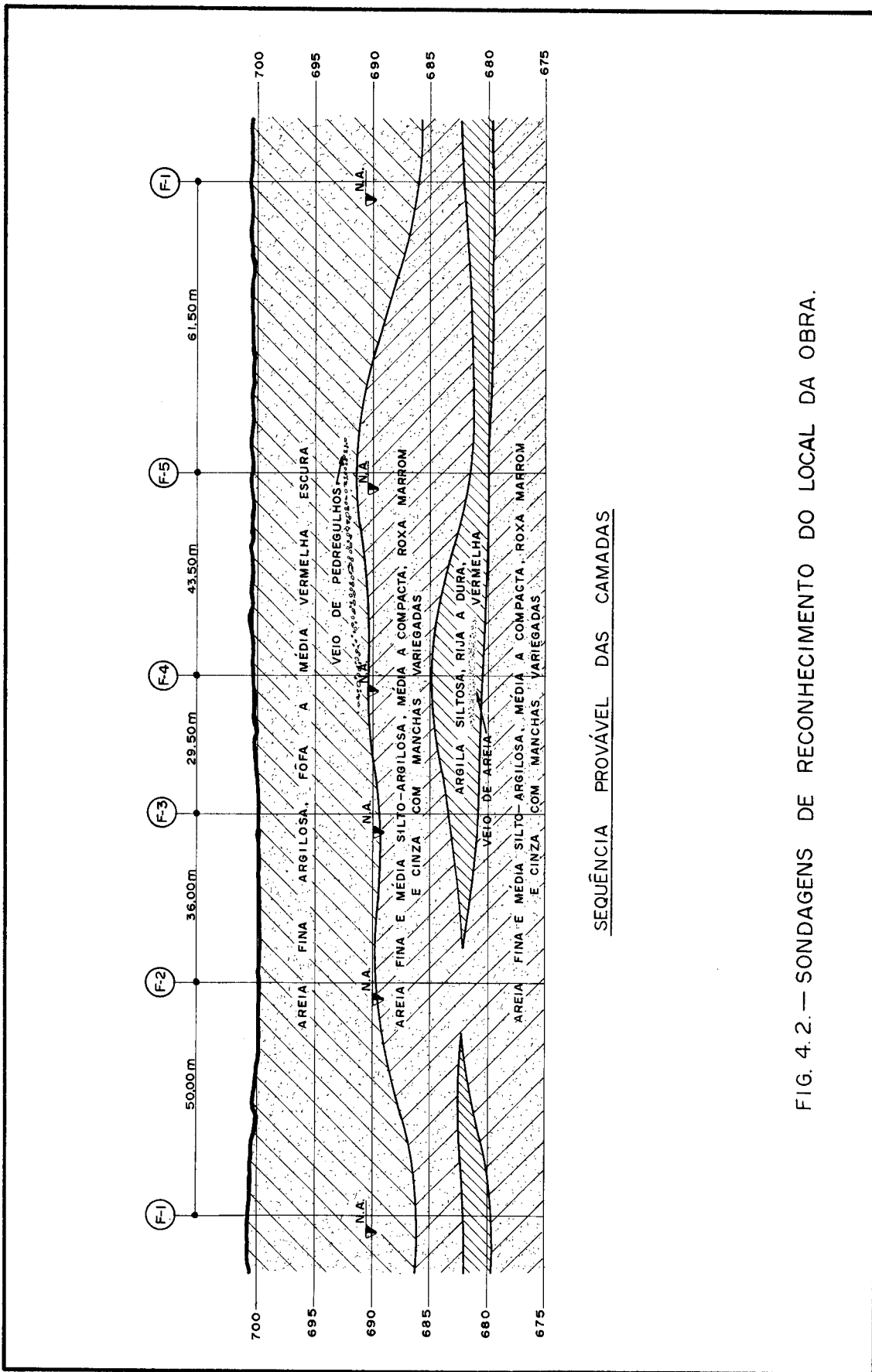


FIG. 4. I.—RESERVATÓRIOS ENTERRADOS DO DAAE ARARAQUARA S.P.



SEQUÊNCIA PROVÁVEL DAS CAMADAS

FIG. 4.2.— SONDAGENS DE RECONHECIMENTO DO LOCAL DA OBRA.

dade de execução. A segunda tentativa foi feita com tijolos de "espelho" assentes a seco, de preparo mais fácil e permitindo boa aderência para a argamassa. Este sistema foi o especificado para os taludes, com as telas estendidas diretamente sobre eles.

A saída da água eventualmente infiltrada, foi feita através de duas linhas de manilhas de dreno, ligadas a poços de visita para observação da estanqueidade.

Devido ao porte da obra, previa-se a formação de inúmeras juntas durante a moldagem do fundo e taludes.

Para a comprovação da eficiência da argamassa armada nesses pontos, foram feitos os seguintes ensaios:

Moldaram-se corpos de prova em forma quadrada, com 30cm de lado e 2cm de espessura, armados com duas telas, enchendo-se primeiramente metade da forma. Após sete dias de cura, completou-se a forma, aguardando-se mais sete dias.

Em seguida a placa foi adaptada à extremidade de um tubo, envolvida em saco plástico para evitar a evaporação e submetida a ação de uma coluna d'água de 6 metros.

Pela observação visual, nenhuma anormalidade foi anotada na junta.

Em volta do reservatório, para servir de apoio às canaletas da cobertura, construiu-se uma parede de alvenaria de 1 tijolo, assente com argamassa de cimento e areia. Esta parede apoia-se sobre faixa de argamassa armada moldada no local, na qual deixaram-se telas salientes para serem incorporadas aos taludes e revestir a alvenaria internamente. A armadura da faixa foi estendida sobre tijolos em "espelho", como nos taludes.

Tanto a tubulação de entrada como a de saída, para abastecimento da rede, foram apoiadas em paredes de alvenaria, revestidas por argamassa com a mesma armadura dos taludes, e incorporando-se a eles.

Esses pontos localizam-se em cantos diametralmente opostos.

Os detalhes da estrutura do reservatório são apresentados na figura 4.3.



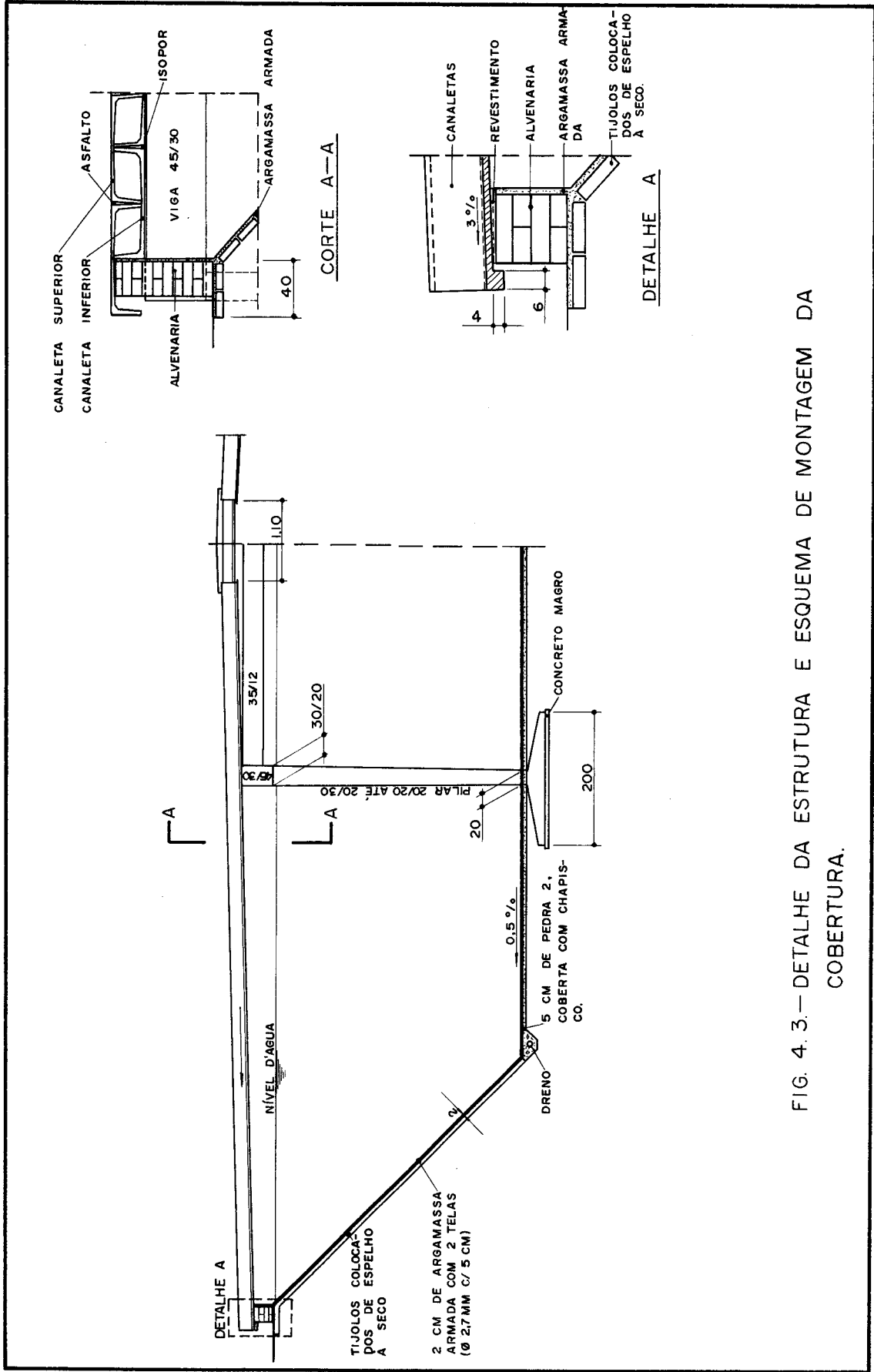


FIG. 4. 3.—DETALHE DA ESTRUTURA E ESQUEMA DE MONTAGEM DA COBERTURA.

A cobertura, executada com elementos pré-fabricados de argamassa armada, constituiu-se de canaletas de seção U com 10,90m de comprimento, apoiadas sobre a parede externa e a estrutura de concreto armado, ficando 2,50m em balanço.

A cobertura é completada por placas cumieiras apoiadas nas extremidades dos balanços. Para verificar-se o comportamento da canaleta foi construída uma peça em escala natural, moldada sobre apoios na posição real de serviço. A sobrecarga prevista foi de 50 kgf/m<sup>2</sup>, levando-se o ensaio até a carga de 150 kgf/m<sup>2</sup>.

Os resultados obtidos permitiram reduzir a altura das abas de 26,5 para 22,5cm.

Os elementos pré-fabricados podem ser vistos nas figuras 4.4 e 4.5.

#### 4.1.2 - A execução da obra

Para a movimentação do equipamento durante as escavações, foram deixadas entradas no lado menor do reservatório, as quais deveriam ser cuidadosamente reaterradas. Antes da concretagem, sob a linha das sapatas no sentido longitudinal, executou-se a rede de drenagem, levando-a até os poços de visita, fora dos reservatórios.

Terminada a estrutura interna de apoio da cobertura e pronta a instalação hidráulica, o fundo e os taludes foram regularizados, colocando-se, em seguida, a drenagem de brita e os tijolos em "espelho" nos taludes. Como deveriam ser tomados cuidados especiais com a cura da argamassa, optou-se pela montagem da cobertura em primeiro lugar. Com esta providência, a moldagem dos taludes e do fundo seria feita em condições favoráveis.

A cobertura foi executada sem grandes problemas, utilizando-se equipamento mecânico de elevação e transporte, O acesso de materiais, bem como a iluminação e ventila



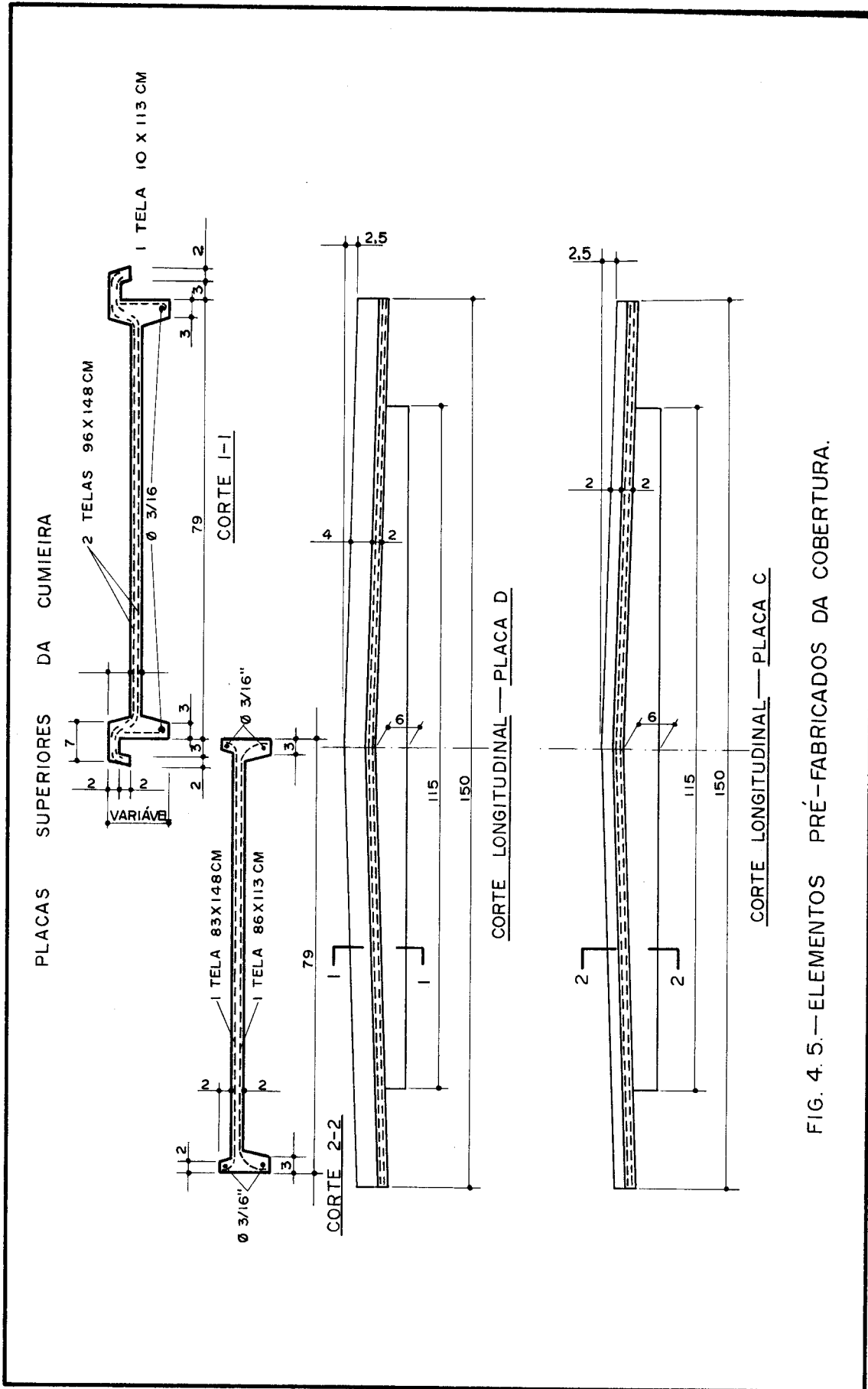


FIG. 4. 5.—ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DA COBERTURA.



ção, foram feitos através das aberturas, posteriormente completadas pelas placas cumieiras.

A argamassa utilizada foi a de traço 1:2 em peso, com relação água/cimento 0,4, para areia seca. A areia procedia do Rio Mogi e foi peneirada para a remoção dos grãos superiores a 2,5 mm.

As figuras 4.6 a 4.9 mostram fases da execução.

#### 4.1.3 - Comentários sobre a construção

Para a execução dos quatro pilares extremos da estrutura de sustentação da cobertura, foi necessário a escavação dos taludes dos lados menores, o que resultou em reaterro destes locais, sempre prejudicial quando não estão bem executados.

O assentamento de tijolos em "espelho", a seco, sobre os taludes, de grande extensão, proporciona uma superfície muito irregular, ocasionando recobrimento das telas da armadura muito espessos, em determinados locais, o que, como já vimos, diminui a resistência da argamassa armada à fissuração.

Insiste-se na possibilidade de se fazer a drenagem com brita revestida com argamassa magra, mesmo em taludes inclinados a 45°. Esta drenagem pode ser executada em faixas horizontais de pequena altura.

A orientação foi seguida, sem grandes dificuldades, nos taludes a 45°, das piscinas anteriormente apresentadas.

Essas drenagens, assim executadas, permitem a obtenção de uma superfície bastante regular ao sarrafear-se a argamassa de revestimento, e suficientemente rugosa para permitir boa aderência durante a moldagem destes locais.

Apesar da argamassa armada de revestimento do reservatório ter sido executada à sombra, o forte calor reinante na época, transformava o local em verdadeira estufa, sendo necessário molhar-se continuamente as paredes já executadas, durante o período de cura.



Fig. 4.6 - Escavação para sapatas, notando-se as valas das linhas de drenagem.



Fig. 4.7 - Preparo das formas para pré-fabricação das canaletas.



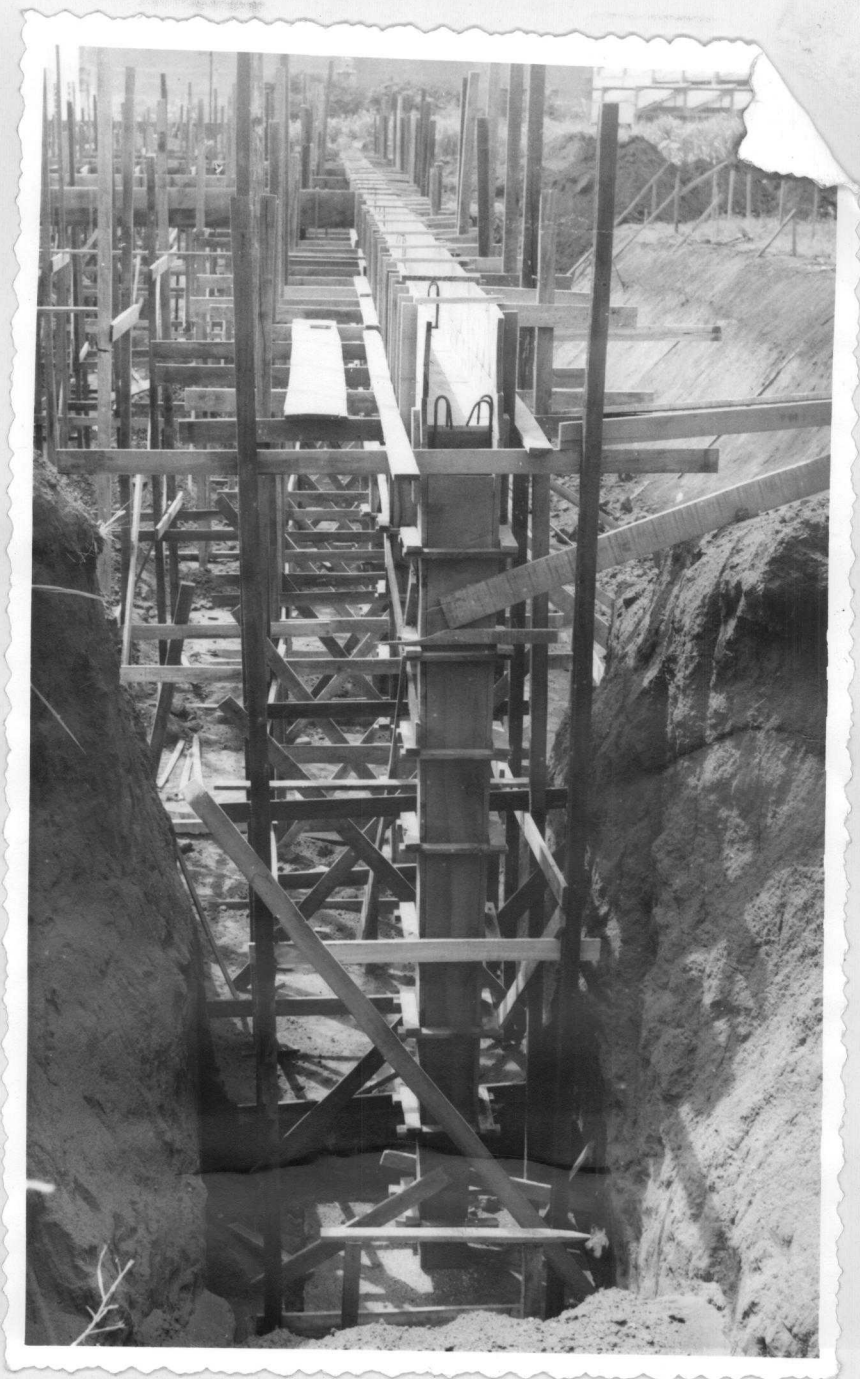


Fig. 4.8 - Formas colocadas para concretagem da estrutura interna. Note-se a escavação do talude para permitir a execução dos pilares da extremidade.





Fig. 4.9 - Fase de regularização dos taludes e fundo, vendo-se a estrutura de apoio da cobertura já desformada.

#### 4.1.4 - O teste de desempenho

O enchimento dos reservatórios foi feito gradualmente, tendo-se observado o aparecimento de água nos poços de visitados drenos a partir de meia altura. Esta ocorrência foi-se agravando, à medida que se elevava o nível da água nos reservatórios. Observou-se, também, a mudança de coloração da água, de limpa para barrenta, indicando carreamento de material.

Estes testes foram executados em época de ocorrência de grandes chuvas na região, tendo-se observado o a fundamento do terreno adjacente às paredes do reservatório, nos locais dos reaterros mencionados.

As providências imediatas determinadas foram o esvaziamento dos reservatórios e inspeção do revestimento. Constatou-se fissuramento muito extenso em ambos; com maior incidência nos taludes, próximos ao fundo, nos locais onde houve reaterro e na região das paredes de apoio da tubulação hidráulica.

Os reparos nos pés dos taludes foram executados facilmente, já que não tinha havido lesão no solo, nem nos tijolos assentados em espelho.

Removeu-se toda a argamassa adjacente às fissuras, numa largura de 20 cm aproximadamente, tomando-se a fissura como eixo. Esta operação foi feita a ponteiro, cuidadosamente, para não se ofender a tela. Depois de limpo o local, com a remoção total das partículas soltas, colocou-se uma tela adicional, sendo que nos locais de maior espessura do cobrimento, adicionaram-se até duas telas.

Preparada a argamassa, com o mesmo traço utilizado inicialmente, foi a mesma forçada através de vibração, a preencher todos os espaços vazios.

O reparo foi mantido úmido durante sete dias, para diminuir os efeitos da retração.

Nos locais onde houve reaterro, o solo foi carreado, constatando-se os ocos por trás do revestimento, por percussão nas paredes.



Nestas circunstâncias, removeu-se toda a argamassa que recobria os vazios, e cortaram-se as telas de tal modo que o corte da tela superior ficasse defasado do corte da tela inferior. Retiraram-se os tijolos, reaterrou-se cuidadosamente o local, regularizando-se o talude, e assentaram-se novamente os tijolos em "espelho".

As telas foram fechadas, sobrepondo-se a cada uma delas, uma tela adicional. Em seguida procedeu-se como anteriormente.

Com este tratamento, foi alcançada estanqueidade **total** num dos reservatórios e pequeno vazamento no outro, observado pelo fio d'água que fluía no fundo do poço de visita.

Após três anos de funcionamento contínuo, em recente vistoria realizada, não se anotou aumento do volume na vazão das perdas, no fundo da caixa de inspeção daquele reservatório, que estava totalmente cheio na ocasião da visita.



Fig. 4.10 - Vista parcial dos reservatórios



Fig. 4.11 - Vista parcial dos reservat6rios.



## 5. TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO DE PISCINAS EM ARGAMASSA ARMADA

### 5.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos capítulos anteriores, foram analisados algumas piscinas e reservatórios construídos por diversos processos. Todos eles mostraram-se eficientes, embora algumas obras tenham apresentado deficiência devido a falhas de execução.

O objetivo deste trabalho será reunir numa série de instruções práticas, o procedimento correto de se construir em argamassa armada, para se obterem resultados finais plenamente satisfatórios.

Também será definido um processo prático de execução, traçado pela observação do comportamento das obras já realizadas.

A técnica proposta será a de construção de piscinas com paredes verticais, com altura que pode atingir 1,20m, pré-fabricadas, unidas monoliticamente ao fundo ou talude moldados no local, tendo como elemento de estabilidade das placas, pilaretes apoiados sobre sapatas corridas.

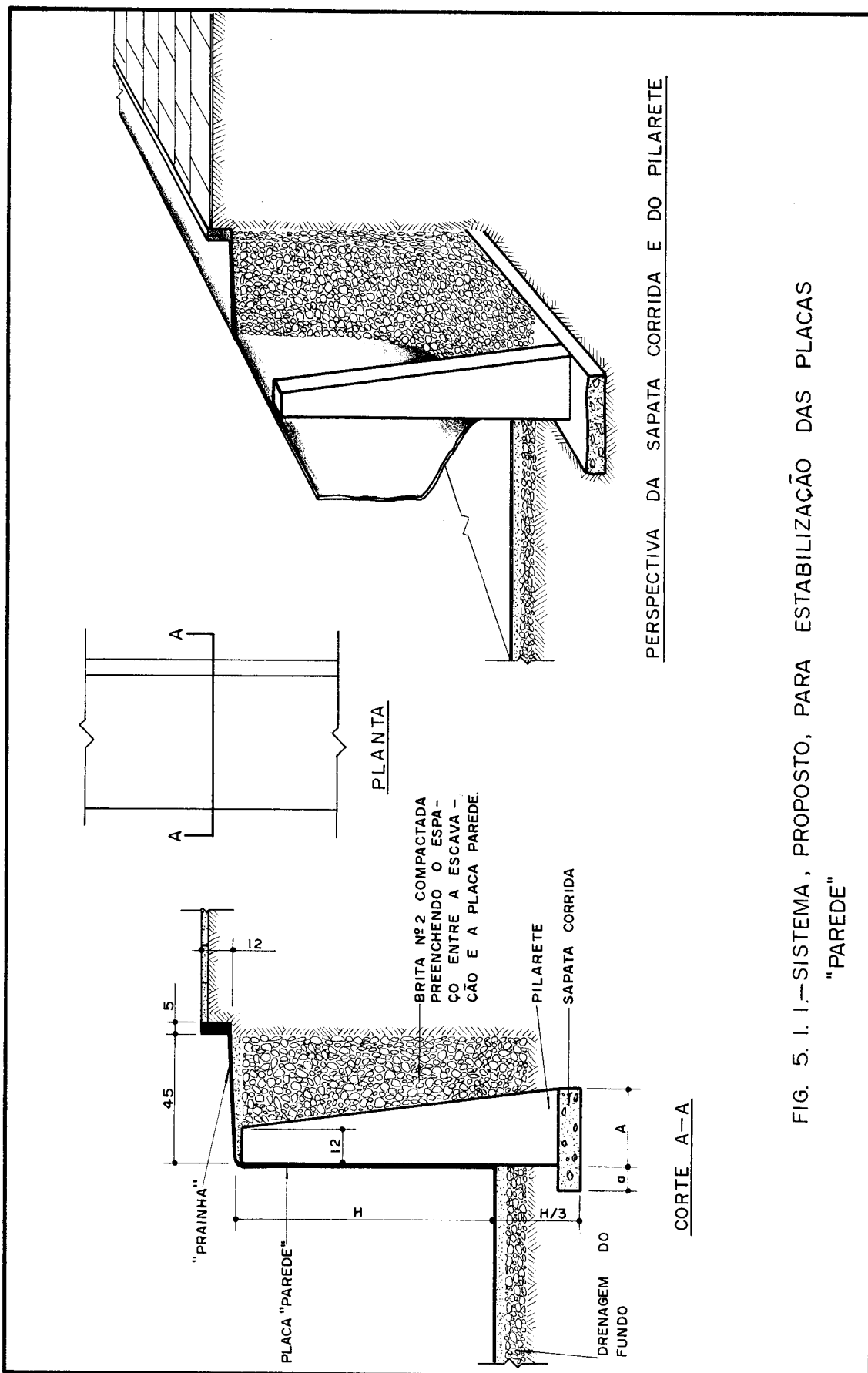


FIG. 5. I. I.—SISTEMA, PROPOSTO, PARA ESTABILIZAÇÃO DAS PLACAS "PAREDE"

## 5.2 - ELEMENTOS PARA DEFINIÇÃO DAS DIMENSÕES E PROFUNDIDADE DE PISCINAS

Como já se disse, a associação de placas pré-fabricadas com elementos moldados no local, permite grande liberdade quanto à forma das piscinas de argamassa armada. Entretanto, parece interessante reunir alguns elementos para o projeto<sup>[6]</sup>. A melhor orientação é colocar o eixo maior da piscina na direção NS. A largura deve ser um múltiplo de 2,5m e o comprimento,  $16\frac{2}{3}$ , 20, 25,  $33\frac{1}{3}$  e 50m. A profundidade mínima para se nadar é de 0,90m. Na região destinada aos não nadadores pode atingir até 1,20m. A zona destinada aos não nadadores deve ser, no mínimo, 1/3 da piscina. Para nadadores, a profundidade pode ser de 1,20 até 3,50m.

Algumas prescrições regulamentares da F.I.N.A. (Federação Internacional de Natação Amadora)<sup>[7]</sup> que interessam à construção de piscinas são:

As paredes das extremidades devem ser verticais e paralelas entre si, sem saliências, até uma profundidade de 0,90m, abaixo da superfície d'água. Nas cabeceiras, a profundidade das piscinas destinadas à natação, deve ser de 1,20 a 1,50m.

Os trampolins devem ser colocados de 1 a 3m acima do nível d'água e medir, pelo menos, 4m de comprimento por 0,5m de largura. No caso de existência de trampolins, a profundidade mínima, medida em uma linha vertical partindo do meio da ponta do trampolim, deve ser:

	Trampolim de 1m	Trampolim de 3m
Profundidade d'água	3,00m	3,50m
Alcance dessa profundidade p/ diante	5,30m	6,20m
Alcance para os lados	2,20m	2,70m

Desde que essas medidas sejam respeitadas, pode-se diminuir a profundidade para os lados da piscina, com inclinações do fundo com a horizontal, nunca superiores a 45°.

A superfície da piscina, ainda no caso da existência de trampolins, exige áreas sem obstáculos com as seguintes dimensões:

	Trampolim de 1m	Trampolim de 3m
Distância até a parede de trás	1,50m	1,50m
Distância até a outra cabeceira	7,50m	9,00m
Distância até as paredes laterais	2,50m	3,50m

### 5.3 - INSTRUÇÕES PARA O PREPARO DA ARGAMASSA E UTILIZAÇÃO DAS TELAS DA ARMADURA

A argamassa utilizada na construção de piscinas deve ser misturada mecanicamente, até obter-se uma mistura bastante homogênea.

Os materiais usados para o seu preparo, são o cimento Portland 320, em quantidade nunca inferior a 700kg/m<sup>3</sup> de argamassa e a areia, que deve ser de origem quartzosa, com granulometria média, deve ser peneirada para a remoção dos grãos de diâmetro superior a 2,5mm. A peneira utilizada para este procedimento é a de malha nº10, conhecida comercialmente como malha de arroz.

A proporção entre cimento e areia é de 1:2, em peso, com relação água/cimento de 0,4, para areia seca.

Para a armadura das placas pré-fabricadas que vão constituir as paredes verticais das piscinas, são utilizadas duas telas de malha nº 2, trançada com fios de arame recozido ou galvanizado. Os diâmetros dos fios podem ser de 1,24, 1,47 ou 1,65mm.



As dimensões dos painéis não devem ser maiores que 150 x 120cm, sendo que a espessura destes elementos é calculada por

$$e = 5d + 10 \text{ em mm}$$

onde d é o diâmetro dos fios em milímetros

As juntas de união das placas devem ter 5 ou 5,5cm de largura, sendo que as telas sobrepostas devem ser ligadas por arame.

Pode-se acelerar a pega utilizando-se cloreto de cálcio na proporção de 2% sobre o peso de cimento. Neste caso as peças podem ser retiradas das formas após 72 horas, prolongando-se, porém, a cura por mais 4 dias.

O fundo e os taludes devem ser armados com duas telas de malha nº 2, trançada com fios de 1,24mm de diâmetro ou com uma tela com as mesmas características, com fios de 1,47 ou 1,65mm de diâmetro.

Podem ser utilizadas, ainda, telas com malhas quadradas de 5cm, soldada com fios de aço doce de 3mm de diâmetro. Neste caso, devem ser utilizadas duas telas justapostas, defasando-se os fios de 2,5cm.

As emendas das telas devem ter superposição de 10cm para o caso de utilização de malha nº 2 e 15cm, quando se empregam telas soldadas. Na emenda, as telas são ligadas com arame.

A espessura da argamassa armada nestes locais, quando se utilizam uma tela de malha nº 2 ou duas de fios soldados, pode ser calculada por:

$$e = 3d + 10 \text{ em mm}$$

onde d é o diâmetro do fio em milímetros

#### 5.4 - PRÉ-FABRICAÇÃO DAS PLACAS "PAREDE"

Para a fabricação das placas devem ser tomados cuidados especiais, devido à sua pouca espessura.

As formas que vão ser utilizadas devem ser montadas em lugares arejados e cobertos. Esta montagem pode ser feita sobre base de alvenaria de tijolos comuns de barro, revestida com argamassa de cimento e areia. Este revestimento deve ser alisado e "queimado" à colher.

A base das formas também pode ser feita com tábuas comuns de pinho, pregadas sobre pontalotes no sentido transversal. Esta base deve ser revestida por chapa apropriada para formas de concreto aparente.

Qualquer que seja o tipo escolhido, a forma deve ter superfície bastante regular, estar nivelada e ser suficientemente rígida. A sua montagem pode ser vista em "croquis" na figura 5.4.1.

As telas, como já se disse, devem ser mantidas perfeitamente posicionadas dentro da argamassa, para se obter um recobrimento regular em todas as peças.

O sistema utilizado para este fim está esquematizado na figura 5.4.2.

Para possibilitar um perfeito posicionamento devem ser utilizados dois conjuntos de estiramento, um em cada extremidade da forma.

Anteriormente, foram feitas referências à necessidade de um perfeito adensamento da argamassa, forçando a mesma a ocupar todos os espaços entre as telas e as formas, para se evitarem falhas prejudiciais às peças.

O adensamento deve ser feito através de vibrador de placa, encontrado no comércio especializado, ou então construindo-se um, de acordo com o esquema apresentado na figura 5.4.3

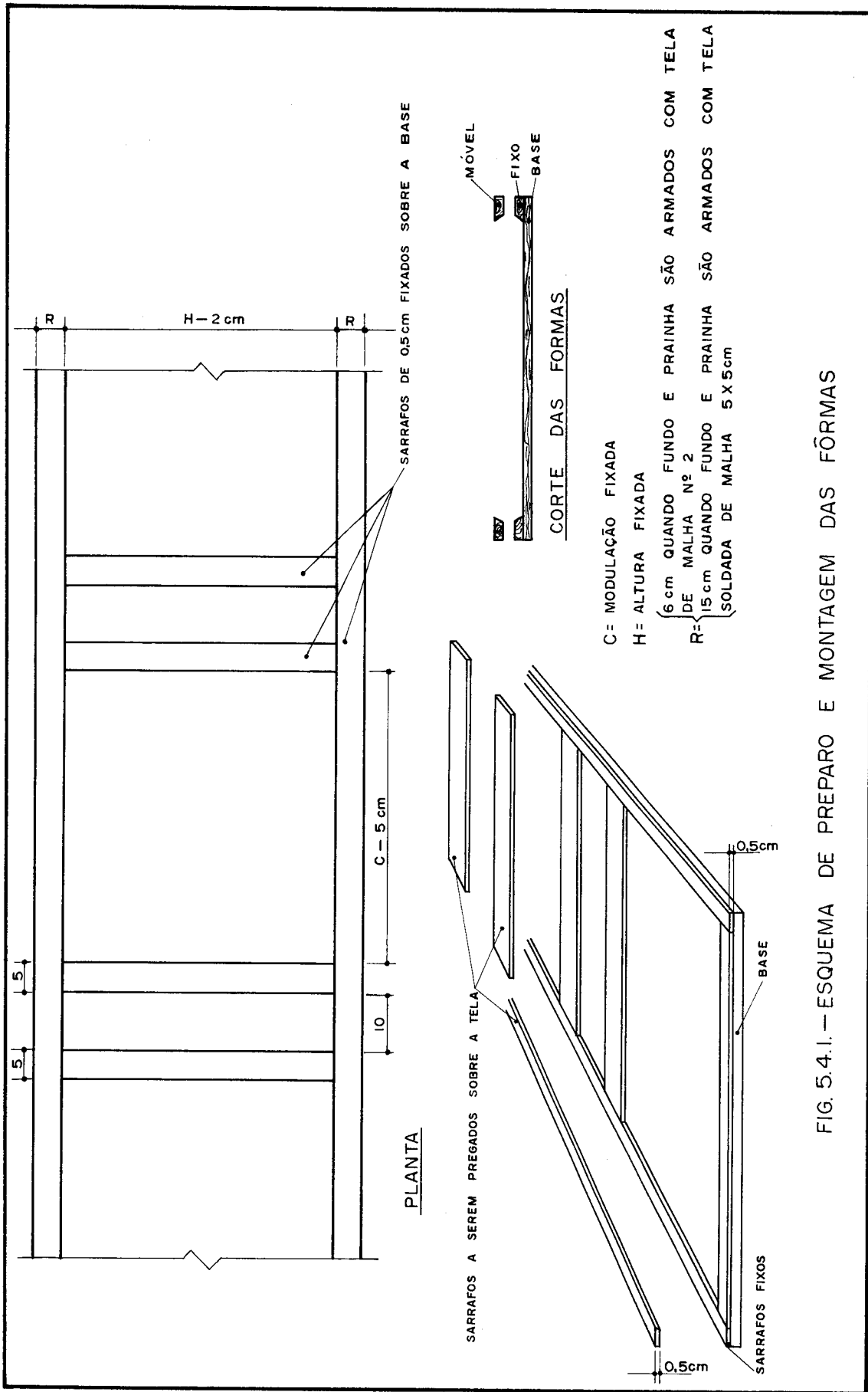
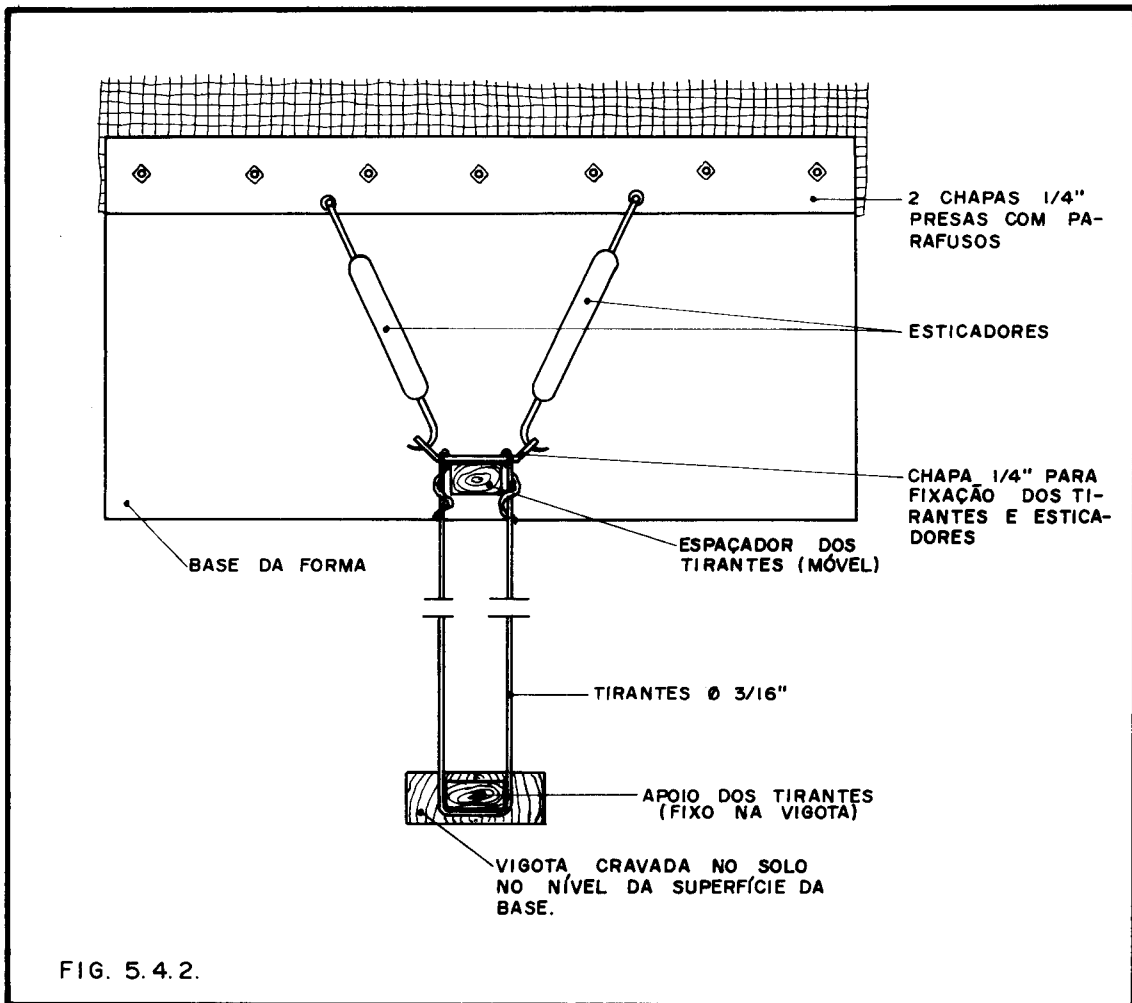
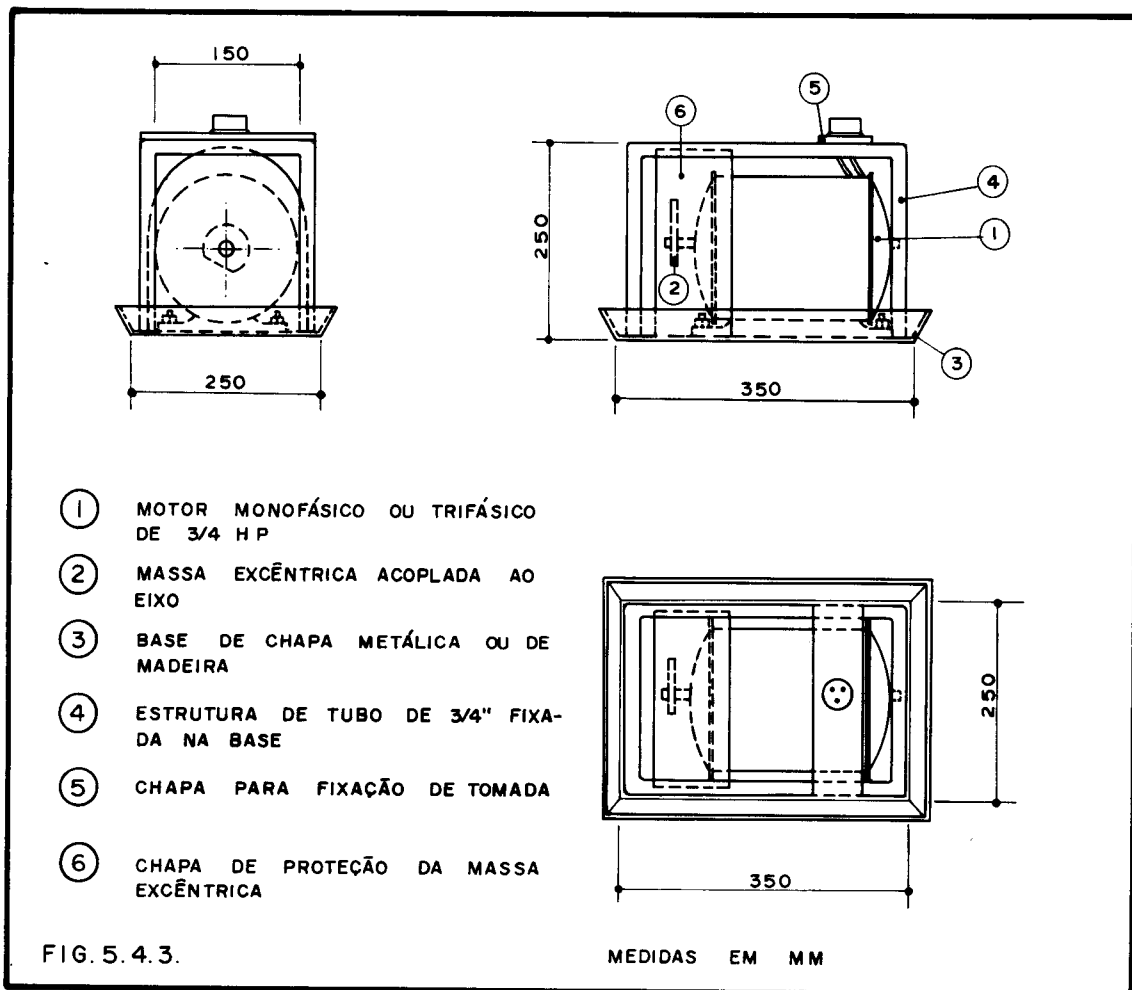


FIG. 5.4.1. — ESQUEMA DE PREPARO E MONTAGEM DAS FÔRMAS







### 5.5 - SEQUÊNCIAS DAS OPERAÇÕES

As formas devem ser bem limpas, e em seguida, aplicar-se com brocha, desmoldante líquido, por toda sua superfície. Após esta operação desenrolam-se as telas sobre as formas, prendendo-se as extremidades no sistema de estiramento. Aplica-se, então, tração nas telas, através dos esticadores, até as mesmas permanecerem perfeitamente esticadas sobre a base. Em seguida, pregam-se sobre as telas os sarrafos, conforme esquema da figura 5.4.1.

As placas nas quais serão fixados equipamentos hidráulicos, devem ser fabricadas deixando-se nos locais previstos para os furos, círculos de madeira de 0,5cm de espessura, com o mesmo diâmetro da peça, fixados nas telas, um na parte inferior e outro na parte superior da forma.

Para a moldagem das placas, primeiramente o operador deve forçar com a colher a argamassa entre as telas, vibrando-se em seguida até preencher-se o espaço inferior da forma. A seguir coloca-se mais argamassa espalhando-a com a colher e tornando a vibrar. Sarrafeira-se em seguida, utilizando como guia a parte superior da forma. O excesso é então levado para a célula seguinte, repetindo-se o processo. O acabamento das superfícies deve ser feito através de desempenadeira de madeira com feltro ou esponja de borracha, fina, para permitir uma superfície que ofereça melhor aderência à pintura.

#### 5.6 - CUIDADOS COM A CURA

Logo após o acabamento das superfícies, as formas devem ser envolvidas em capa plástica de cor clara, para se evitar a evaporação da água de amassamento. As formas devem ser mantidas úmidas durante sete dias.

Como já se disse, as placas podem ser retiradas das formas após 72 horas, quando se utiliza cloreto de cálcio na proporção de 2% sobre o peso do cimento, diluído na água de amassamento. Nesta hipótese a cura deve ser completada em ambiente abrigado.

O transporte das peças deve ser feito utilizando-se ganchos passados pelas malhas das telas salientes, para efeito de segurança dos operários. A estocagem pode ser feita sobre superfície perfeitamente plana ou verticalmente, de maneira que não haja introdução de esforços que provoquem o empenamento das peças.

## 5.7 - PREPARO DO TERRENO

Os atêrros devem ser evitados na construção com argamassa armada, isto porque geralmente os mesmos são mal executados. Como a estrutura da piscina apoia-se diretamente sobre o solo, devem ser evitados pontos de resistência diferentes na superfície de apoio, apesar de já se terem observado recalques diferenciais de até 2cm, sem causar danos à estrutura.

O terreno deve ser escavado obedecendo a conformação da piscina prevista no projeto, isto é, nas regiões de maior profundidade, que serão vencidas por taludes inclinados, no máximo de  $45^{\circ}$  com a horizontal, a escavação deve ser feita obedecendo-se a inclinação fixada.

Nos lados, em ambas as direções, a escavação deve ser feita com folga de 0,45m, para dar espaço suficiente para a execução dos pilaretes. A escavação deve ser feita em duas fases: primeiramente escava-se até a profundidade prevista para as paredes verticais. Nesta fase, a sapata dos pilaretes deve ser concretada, deixando-se os arranques de espera. A execução da sapata, antes da escavação dos taludes, permite fácil acesso dos materiais e melhor condição de trabalho aos operários.

A segunda fase deve ser então processada, cortando-se os taludes manualmente na inclinação prevista.

As fases de escavação estão representadas na figura 5.7.1.

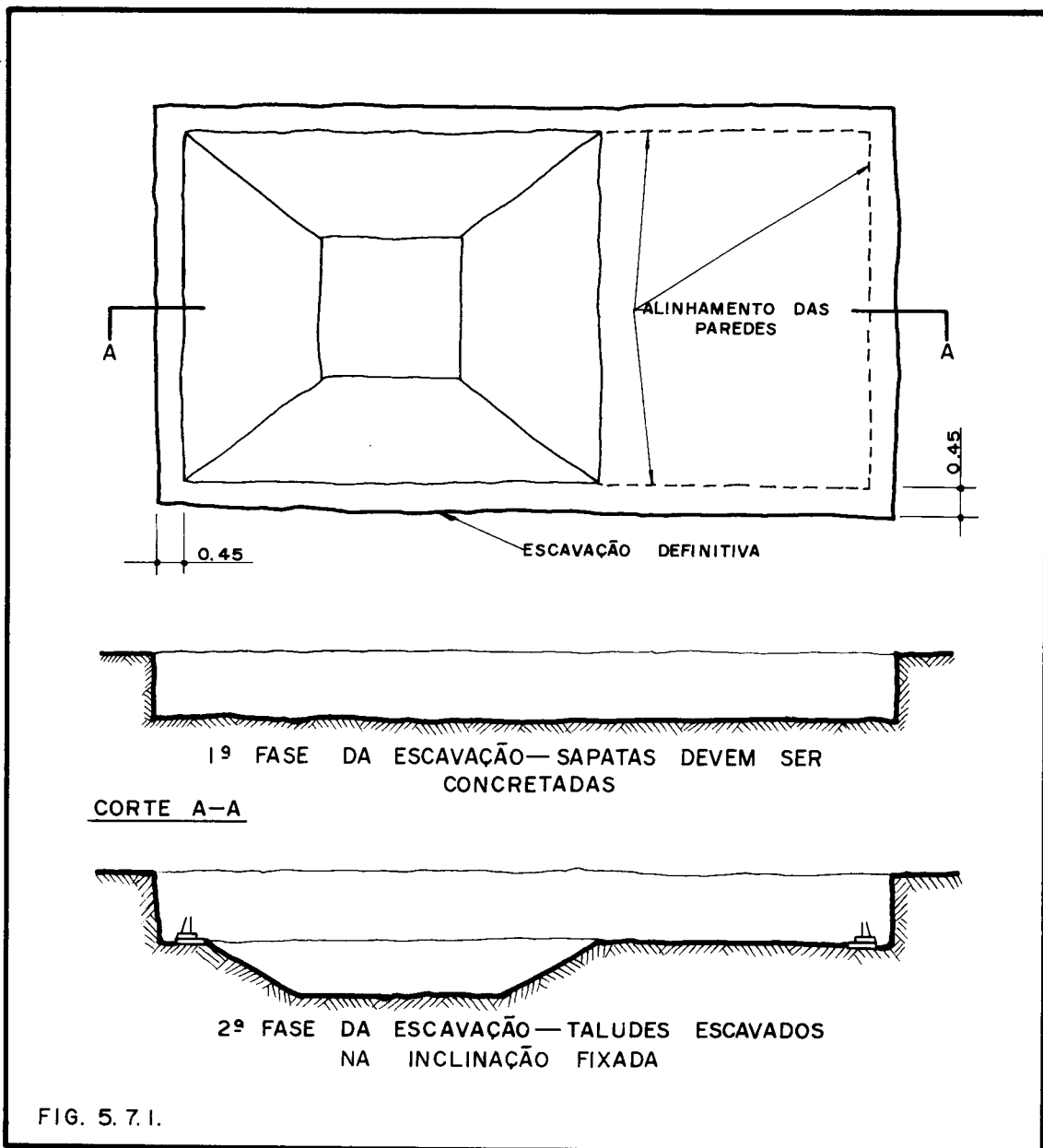
A sapata deve ser concretada a uma profundidade abaixo do nível inferior das placas "parede". A profundidade indicada é de  $1/3$  da altura da placa. O detalhe do posicionamento da sapata em relação ao talude pode ser visto na figura 5.7.2.

A largura da sapata, pode ser dimensionada através da expressão deduzida no item 5.8.

O fundo e os taludes devem, então, ser bem compactados, utilizando-se equipamento apropriado, e regulari-

zados deixando-se uma folga de 0,08m em relação à cota prevista para os mesmos.

Nesta ocasião todas as instalações hidráulicas, que interferem com o fundo, devem ser executadas, reaterrando-se as valas em camadas de no máximo 15cm, compactadas.





A regularização do fundo deve ser feita dando-se inclinação suficiente para o escoamento das águas que porventura possam ser infiltradas. Estas águas devem ser drenadas através de manilhas de barro colocadas em valas de 0,30 x 0,20m, levando-as para fora da escavação.

No trecho interno à piscina, estes tubos devem ser apropriados para drenagem e as valas neste local devem ser preenchidas com brita nº 2, compactada.

As saídas dos drenos, localizadas fora da escavação, devem ser feitas de modo que permitam inspeção.

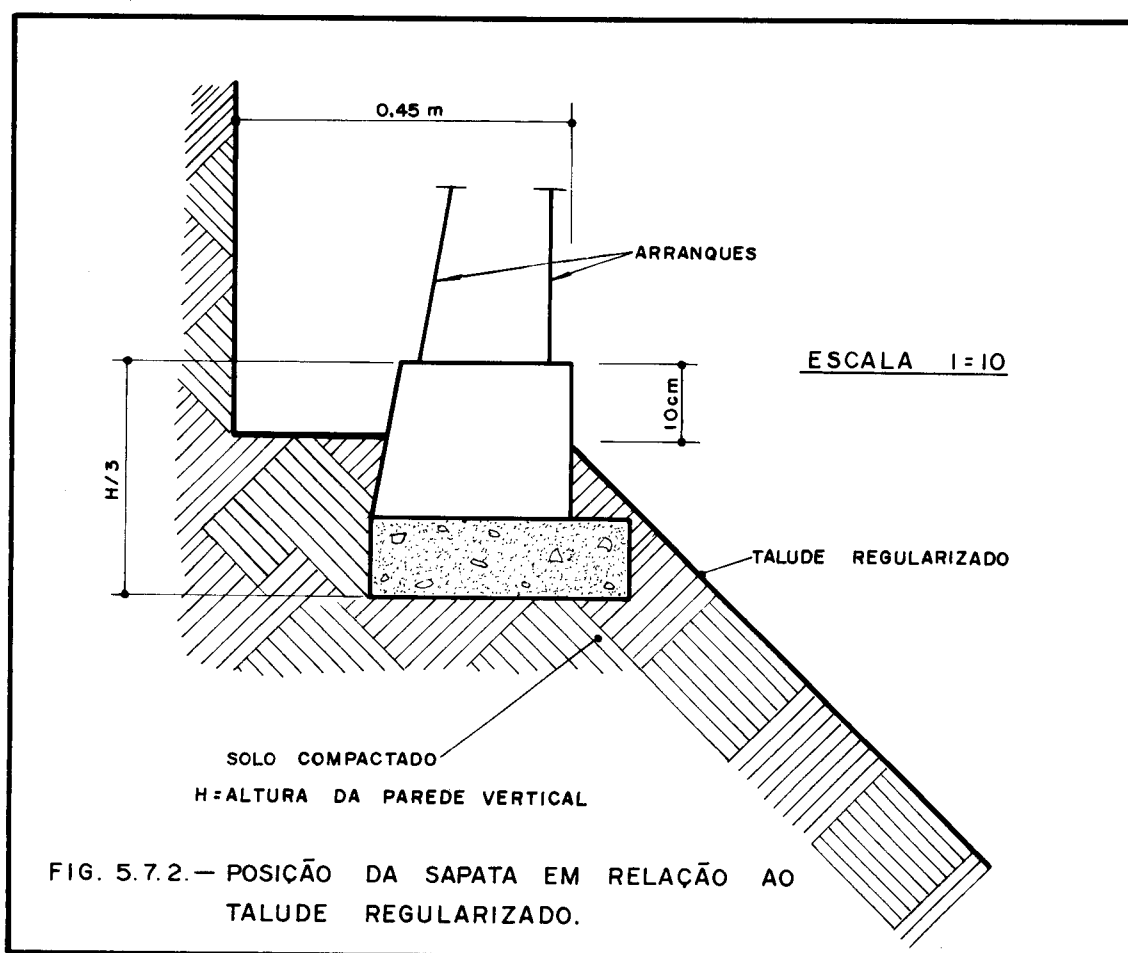
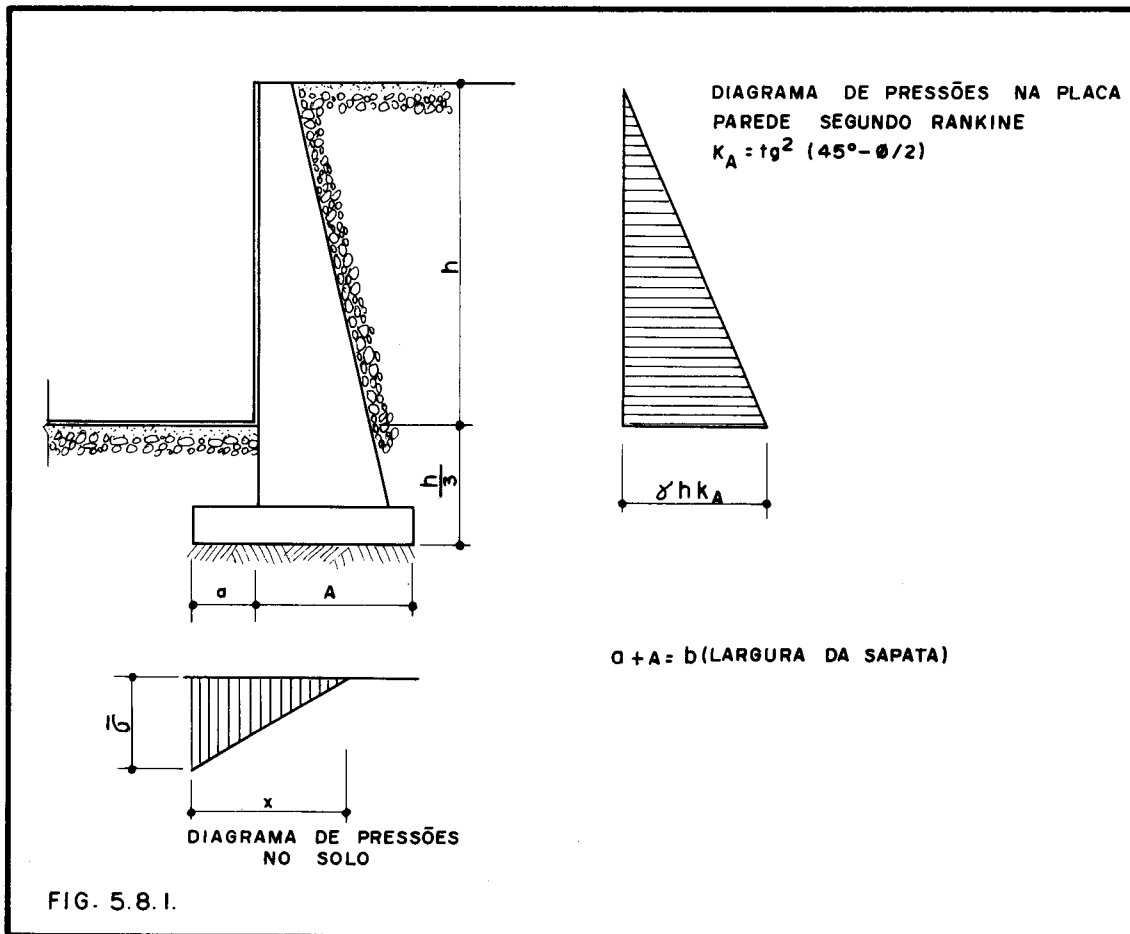


FIG. 5.7.2.— POSIÇÃO DA SAPATA EM RELAÇÃO AO TALUDE REGULARIZADO.

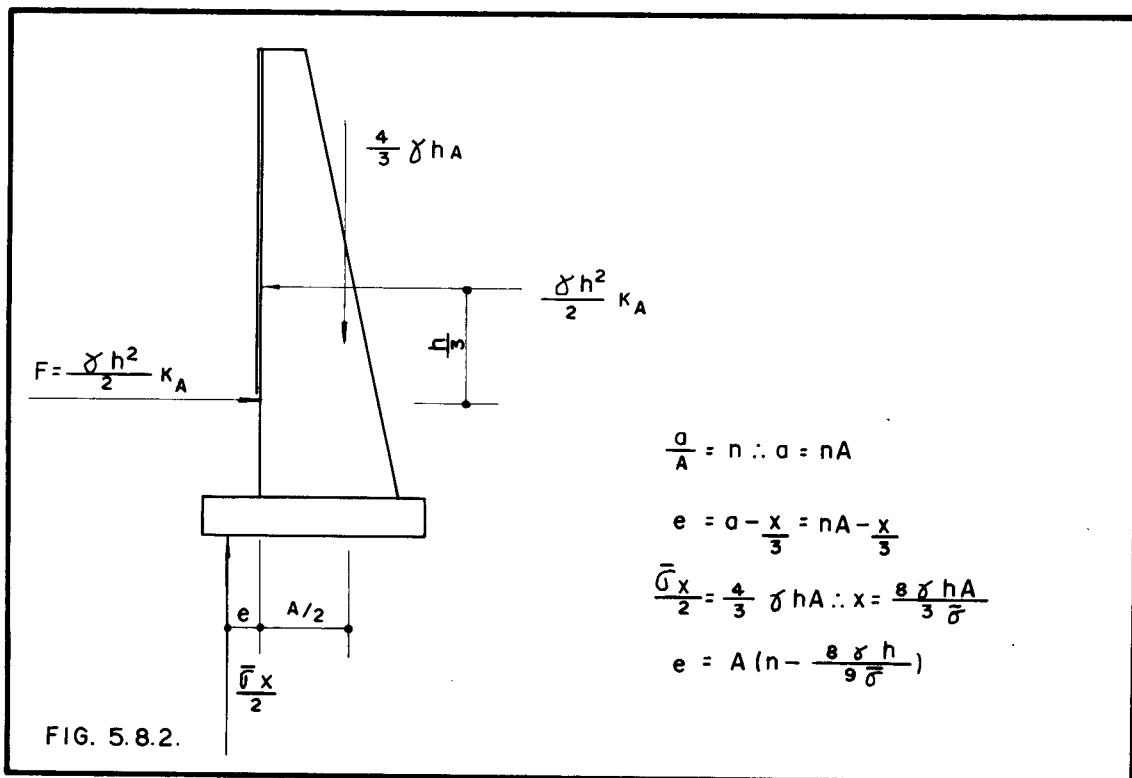
### 5.8 - DIMENSIONAMENTO DA LARGURA DA SAPATA

Na figura 5.8.1 são apresentados os carregamentos que atuam sobre o conjunto "placa parede - pilarete-sapata", considerando-se a piscina vazia.



Para as dimensões de  $h$  ( $h \leq 1,2\text{m}$ ), vamos considerar os efeitos horizontais equilibrados pela reação do fundo (F).

Na figura 5.8,2, estão representadas as resultantes, dos carregamentos, atuando sobre a sapata e o pilarete.



Do equilíbrio contra o tombamento resulta:

$$\frac{4}{3} \gamma h A^2 \left( n - \frac{8\gamma h}{9\bar{\sigma}} + 0,5 \right) = \frac{\gamma h^3}{6} K_A$$

$$A = \frac{h}{2} \sqrt{\frac{K_A}{2 \left( n + 0,5 - \frac{8\gamma h}{9\bar{\sigma}} \right)}}$$

tendo-se  $A$  e com a relação  $\frac{a}{A} = n$ , determina-se a largura da sapata.

Exemplo de aplicação:

$$h = 0,90\text{m}; \gamma = 1,6\text{tf/m}^3; \bar{\sigma} = 3\text{tf/m}^2; n = 0,25$$

$$K_A = \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) = 0,24 \quad (\phi = 38^\circ)$$

Resulta:  $A = 27,0\text{cm}; a = 7,0\text{cm}; b = 34,0\text{cm}$

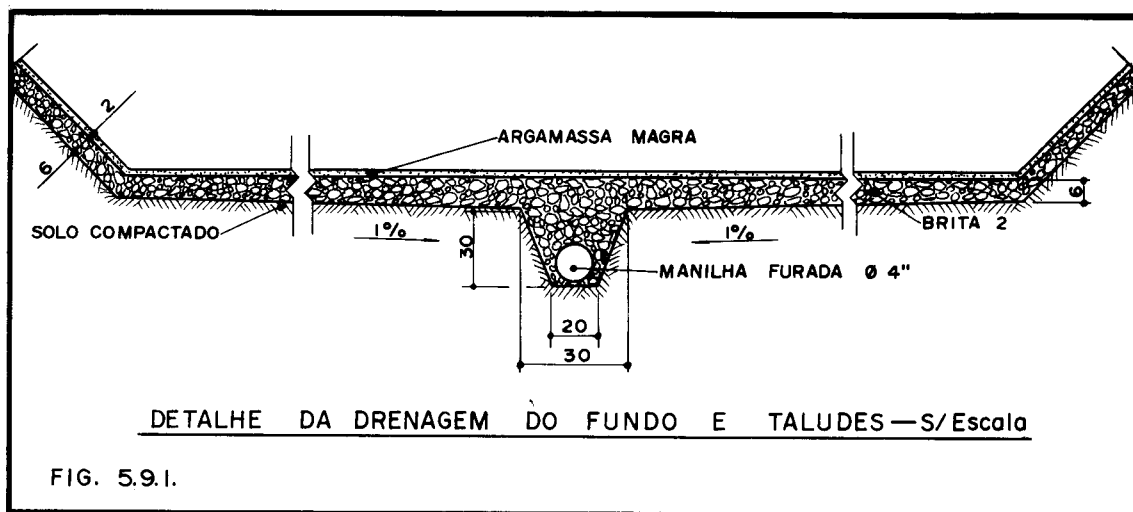
### 5.9 - DRENAGEM DOS TALUDES E FUNDO

A piscina de argamassa armada, idealizada como um revestimento leve e flexível da escavação, não necessita de fundações. Entretanto, deve-se contrapor aos efeitos da sub-pressão com uma perfeita drenagem do fundo e dos taludes.

Pela observação das obras executadas, não foram constatados efeitos perceptíveis da sub-pressão, que seriam desastrosos no caso da piscina encontrar-se vazia. Isto parece indicar que o sistema de drenagem até agora utilizado vem cumprindo seu objetivo.

A drenagem deve, então, ser feita, através do espalhamento de camada de brita nº 2, com 6cm de espessura, bem compactada. Este tratamento deve ser estendido até os limites da escavação. A proteção da camada drenante é feita pelo revestimento com argamassa magra na espessura de 2cm. Este revestimento deve ser sarrafeado para obter-se uma superfície regular e ao mesmo tempo rugosa para facilitar a aderência da argamassa de recobrimento da armadura. Os cuidados para o perfeito escoamento natural das águas da piscina devem ser tomados então, não se admitindo engrossamentos na argamassa armada para atingir este objetivo.

Nos taludes com inclinação de  $45^{\circ}$ , o espalhamento da brita deve ser feito em faixas horizontais de pequena largura, revestindo-se em seguida para manter a posição da brita. Na figura 5.9.1 é apresentado detalhe da drenagem.





#### 5.10 - MONTAGEM DAS PLACAS "PAREDE"

A montagem das placas "parede" deve ser feita cuidadosamente, obedecendo-se rigorosamente o alinhamento e o prumo. O espaçamento para a execução das juntas deve ser observado, principalmente nos cantos. O transporte das peças deve ser feito através de ganchos passados pelas aberturas das malhas, devendo os operadores utilizarem-se de luvas para melhor segurança. Os choques com as placas devem ser evitados, principalmente depois de posicionadas.

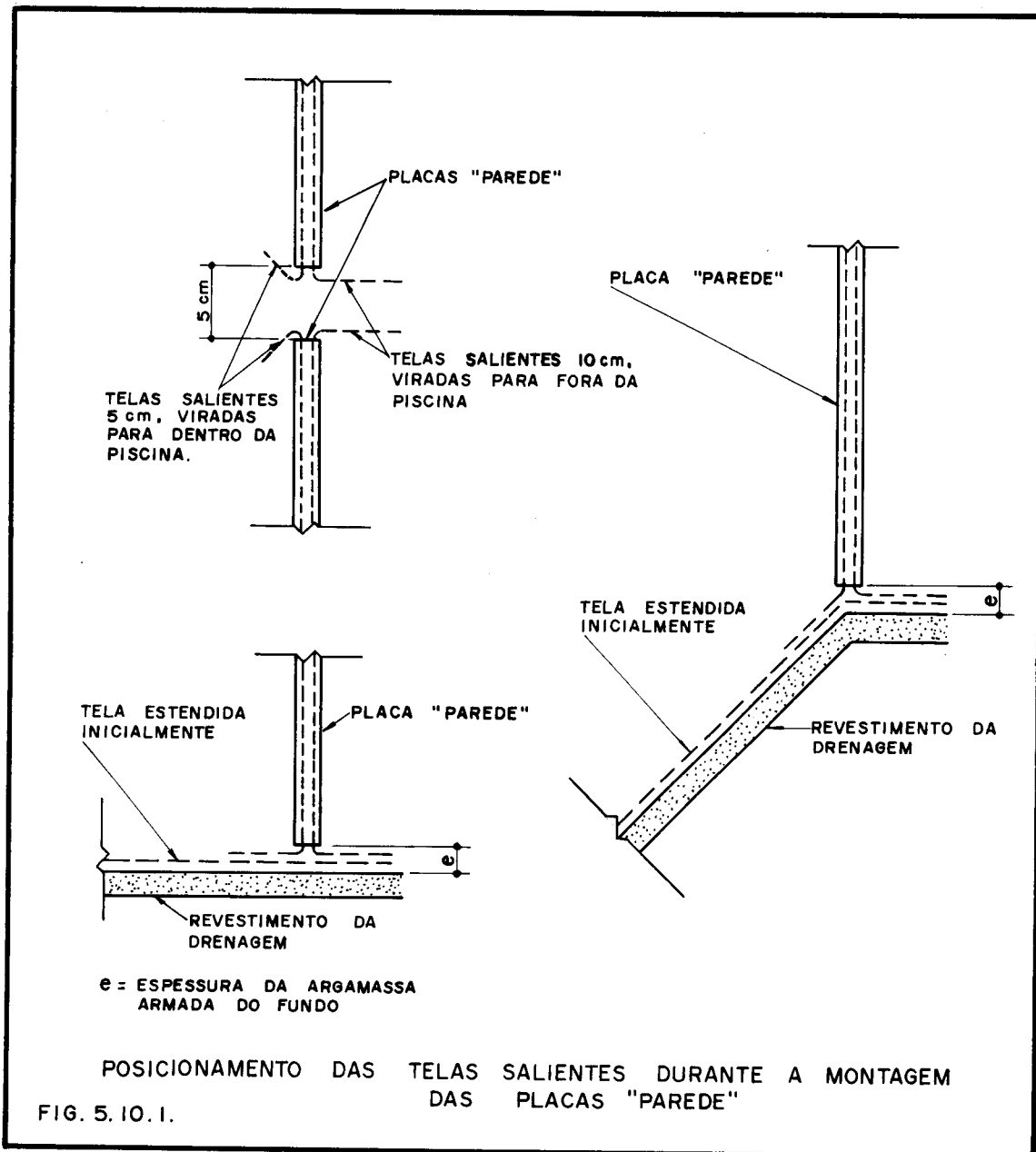
Antes de se iniciar a montagem das peças, deve ser estendida por toda extensão da piscina, na zona de interferência com as placas "parede", uma faixa das telas previstas para a armadura do fundo e dos taludes. Esta faixa deve ultrapassar, no mínimo, 6cm o eixo das paredes verticais, quando se utilizam telas de malha nº 2 e 15cm no caso de emprego de malhas soldadas. As paredes são, então, montadas sobre as telas, calçando-se as mesmas para permitir a perfeita execução das juntas "parede-fundo" ou "parede-talude". As telas justapostas devem ser ligadas por arame, devendo o conjunto ser escorado para manter o posicionamento das peças.

O detalhe do posicionamento das telas salientes, sobrepostas às do fundo ou talude, é apresentado na figura 5.10.1.

#### 5.11 - CONCRETAGEM DOS PILARETES

A altura dos pilaretes não deve exceder a borda superior da placa parede, para permitir a perfeita execução da "prainha", sem engrossamentos desnecessários.

A armadura dos pilaretes deve ser colocada antes do ajuste das formas, passando os estribos através das malhas das telas que ficarão incorporadas ao concreto.

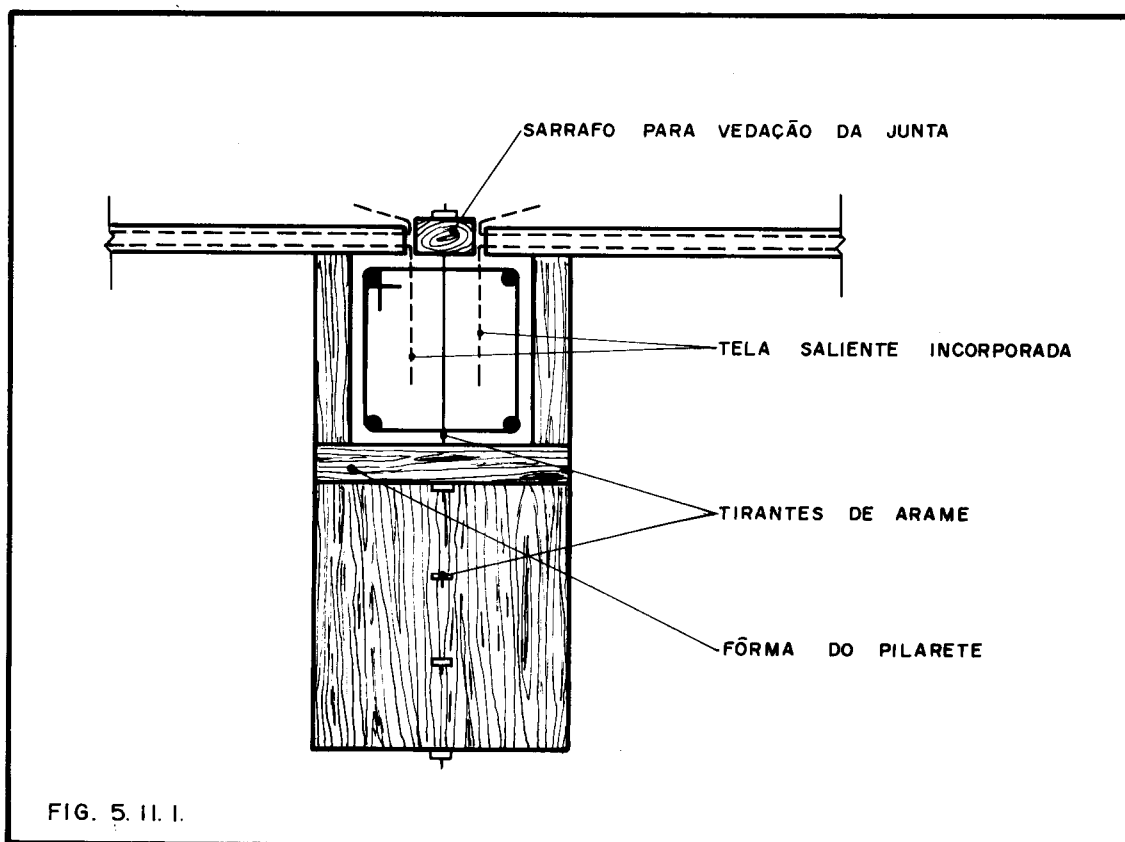


As formas dos pilaretes, com apenas três lados, de vem, então, ser colocadas e ajustadas, escorando-se as mesmas para evitar-se que se abram durante a concretagem. A vedação da abertura entre as placas deve ser feita através da colocação de sarrafo de 4,5 x 2,5cm, faceando pelo lado externo a superfície da placa parede. Este sarrafo deve ser convenientemente escorado para evitar introdução de concre-

to no espaço destinado à confecção das juntas "parede-parede".

As dimensões da seção dos pilaretes, utilizados até agora, foram 0,12 x 0,30m, mas, na técnica proposta serão utilizados pilaretes de seção variável.

Na figura 5.11.1 são apresentados os detalhes para montagem das formas dos pilaretes.

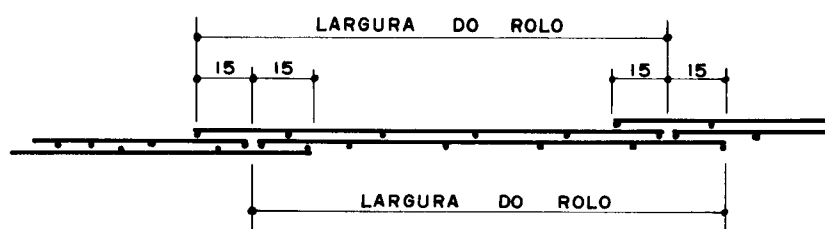


Decorridas 24 horas após a concretagem o sarrafo deve ser retirado, removendo-se cuidadosamente a nata infiltrada nas frestas da junta. As telas devem ser, então, justapostas e ligadas por arame.

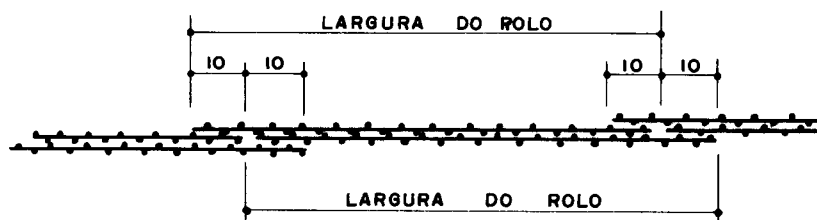
### 5.12 - COLOCAÇÃO DA ARMADURA DOS TALUDES E DO FUNDO

Como já se disse, os taludes e o fundo podem ser armados por uma ou duas telas justapostas. Qualquer que se ja o caso, devem ser tomados cuidados especiais com a superposição das telas nas emendas e para o seu posicionamento em relação à superfície do revestimento da drenagem. A superposição das telas nas emendas deve ser, no mínimo, de 10cm para as telas de malha nº 2 e de 15cm para as confeccionadas com fios soldados. As emendas devem ser ligadas com arame e defasadas umas das outras para evitar a formação de zonas de pouca resistência, por deficiência de armadura.

O esquema recomendado para a execução das emendas pode ser visto na figura 5.12.1.



DETALHE DE SUPERPOSIÇÃO DAS TELAS SOLDADAS DE MALHAS 5 X 5 cm



DETALHE DE SUPERPOSIÇÃO DAS TELAS DE MALHA Nº 2

FIG. 5.12.1.



A posição das telas, após o estiramento feito manualmente, deve ser mantida através da cravação de grampos de  $\phi$  3/16" na superfície do fundo ou talude. Estes grampos devem ser retirados à medida que se vai argamassando. Devem ser evitadas ondulações na armadura, para que se obtenha um recobrimento regular das telas. Isto não acontecendo poderão ocorrer zonas de menor resistência na argamassa armada, provocando fissuras, quando a peça for solicitada. Para contornar este problema pode-se utilizar maior número de grampos.

### 5.13 - MOLDAGEM DO FUNDO E DOS TALUDES

#### a) Os cuidados com a espessura dos elementos

A espessura da placa de argamassa armada pode ser relacionada com a sua superfície específica, tomando-se em consideração apenas a armadura na direção do carregamento.

A superfície específica propriamente dita é definida por  $K = \frac{\text{área da superfície de arame (cm}^2\text{)}}{\text{volume de argamassa (cm}^3\text{)}}$ . Obtem-se

a superfície específica na direção do carregamento, quando se utilizam telas de malhas quadradas, fazendo-se  $\frac{K}{2}$ .

Athayde [4] verificou o bom desempenho da argamassa armada, em ensaios de tração simples, a partir de superfícies específicas da ordem de  $0,3\text{cm}^{-1}$ .

No capítulo referente à utilização das telas, sugerimos algumas armaduras para o fundo e os taludes, dadas pela experiência no trato da argamassa armada. Qualquer destas variantes quando utilizadas, observando-se a espessura recomendada, levam a superfícies específicas da ordem de  $0,3\text{cm}^{-1}$ .

Engrossamentos no recobrimento das telas nestes locais determinam valores bastante inferiores, que podem

causar resultados desastrosos como aqueles observados em algumas obras analisadas em capítulos anteriores.

A espessura da argamassa armada deve, portanto, ser controlada rigorosamente a fim de se obter apenas o recobrimento fixado no projeto e não um valor maior.

#### b) A execução da moldagem

Nesta fase da obra, devem ser executadas as juntas "parede-parede" e a união dos elementos pré-fabricados com as partes moldadas "in-loco". A argamassa deve ser forçada com a colher através das telas das juntas e vibrada vigorosamente com auxílio de sarrafo ou régua de pedreiro, argamassando de baixo para cima. O acabamento é feito à desempenadeira e alisado com a colher. Estas juntas, assim executadas, devem ser protegidas com capa plástica e mantidas úmidas durante sete dias. A união das placas com o fundo ou taludes é feita ao mesmo tempo que se moldam estes locais.

O controle da espessura deve ser feito através da colocação de régua, assentadas com argamassa magra, no nível da espessura fixada no projeto, não muito distantes uma da outra. Estas régua servirão como guias para o sarrafeamento da argamassa.

A moldagem pode ser feita por faixas de, no máximo, 1,50m, não se deixando juntas maiores que 10cm entre elas, cuidando-se para que as mesmas fiquem defasadas das juntas das paredes.

A operação é feita lançando-se inicialmente uma quantidade de argamassa suficiente para o enchimento de metade da espessura que, em seguida é espalhada com a colher e vibrada. Com este procedimento as telas tomam a posição correta. O restante da argamassa é então lançado, e em seguida, vibrado e sarrafeado. Antes da moldagem dos locais onde estavam colocadas as régua, toda a argamassa magra deve ser removida.

O acabamento das superfícies deve ser feito com desempenadeira de madeira ou a feltro. Logo após esta operação a argamassa deve ser protegida com capa plástica de cor clara, devendo ser iniciada o mais rapidamente possível, uma cura cuidadosa.

Quando houver interrupção da moldagem, as juntas devem ser escovadas, logo após o início da pega, para a remoção da nata de cimento da superfície. As juntas entre as faixas devem ser executadas somente depois da cura da argamassa e após limpeza cuidadosa do local, as quais devem ser mantidas úmidas por sete dias.

Observados os procedimentos recomendados para a moldagem do fundo e dos taludes, obtêm-se um revestimento de espessura regular e com as qualidades requeridas para a obra.

#### 5.14 - EXECUÇÃO DA "PRAINHA"

Observou-se nas obras já executadas, que a partir de 0,30m, a "prainha" amortece o choque das águas da piscina. Será adotada nestas recomendações a dimensão de 0,45m para a mesma.

Após a execução do fundo, tendo decorrido o período normal de cura dos pilaretes, as formas podem ser removidas e o escoramento retirado. Nesta fase, devem ser executadas todas as instalações que interferem com as paredes, como as de abastecimento e tratamento. Estas instalações podem ser executadas aproveitando-se o espaço entre as paredes e o terreno.

Para funcionar como "ladrão" da piscina, podem ser instalados nos cantos da "prainha" ralos ligados às instalações de saída por gravidade.

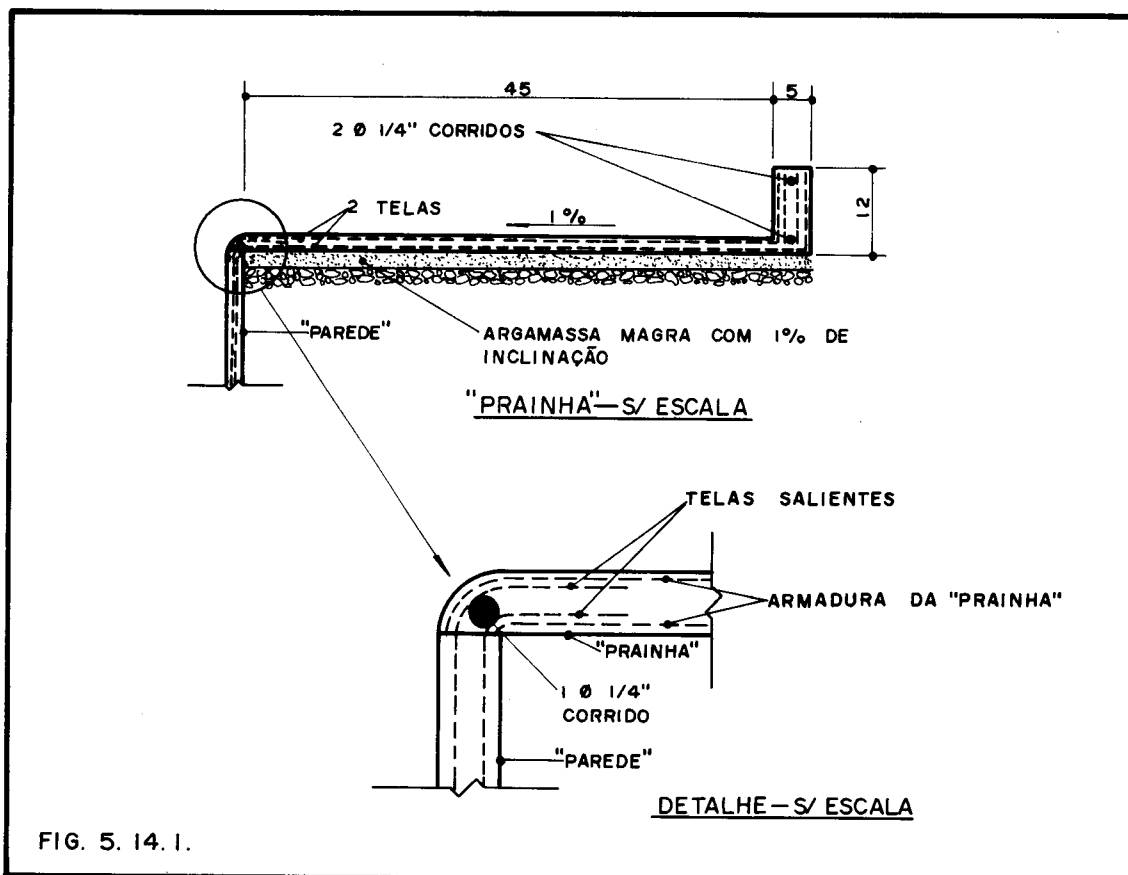
Após o término dos serviços hidráulicos, o espaço entre as paredes e o terreno deve ser preenchido por brita nº 2 compactada, capeando-se com 2cm de argamassa magra com

inclinação de 1% para dentro da piscina. Este capeamento deve terminar faceando a borda da placa "parede".

A armadura da "prainha" deve ser igual às da armação das placas "parede", sendo a espessura determinada do mesmo modo.

As telas salientes das peças verticais devem ser dobradas e justapostas às da "prainha" e ligadas por arame. A união assim formada deve levar armadura adicional de 1  $\phi$  1/4" corrido. O fechamento lateral da "prainha", que serve também para enrijecimento da peça, deve ser armado com 4 telas, com armadura adicional de 2  $\phi$  1/4".

Os detalhes da união das telas na junta com as paredes, e a armação, podem ser vistos na figura 5.14.1.





A moldagem da argamassa deve ser processada, tomando-se os mesmos cuidados com a espessura e cura, já referidos anteriormente. Durante a execução devem ser utilizadas régua para impedir a fuga da argamassa para o interior da piscina, devendo-se ao se processar o acabamento da superfície, arredondar-se os cantos com auxílio da desempenadeira.

#### 5.15 - TESTE DE DESEMPENHO E PINTURA

Como já se disse, a pintura da superfície da piscina com tinta à base de resina epoxi ou de borracha clorada deve ser feita, sob o aspecto de acabamento e de produzir sensação agradável ao observador e usuários. Nunca como uma tentativa de alcançar estanqueidade.

A piscina de argamassa armada, bem executada, deve ser, por si só, perfeitamente estanque, sem necessidade de artifícios. A pintura, portanto, deve ser realizada, somente após a comprovação do desempenho.

O teste a que nos referimos, deve ser feito pelo enchimento com água, por etapas de, no máximo, 0,5m por dia, com observações constantes das saídas dos drenos. Esta operação deve ser iniciada após 10 dias da última moldagem.

Comprovada a eficiência da piscina, a mesma deve ser esvaziada. As superfícies devem se apresentar perfeitamente secas antes de receber o acabamento por pintura.

## 6. TÉCNICA DE REPARAÇÃO EM ESTRUTURAS DE ARGAMASSA ARMADA

### 6.1 - GENERALIDADES

As fissuras admissíveis para estruturas de argamassa armada, que sofrem pressão de líquidos, são da ordem de 0,05mm. As fissuras maiores produzem perda da estanqueidade, corrosão da armadura e conseqüente deterioração do material por desagregação da argamassa, levando-o à total destruição.

Os principais causadores de defeitos em obras de argamassa armada são as solicitações por esforços não previstos e as falhas de execução. No segundo caso podemos enumerar os seguintes:

Diminuição da resistência à fissuração pelo engrossamento do recobrimento.

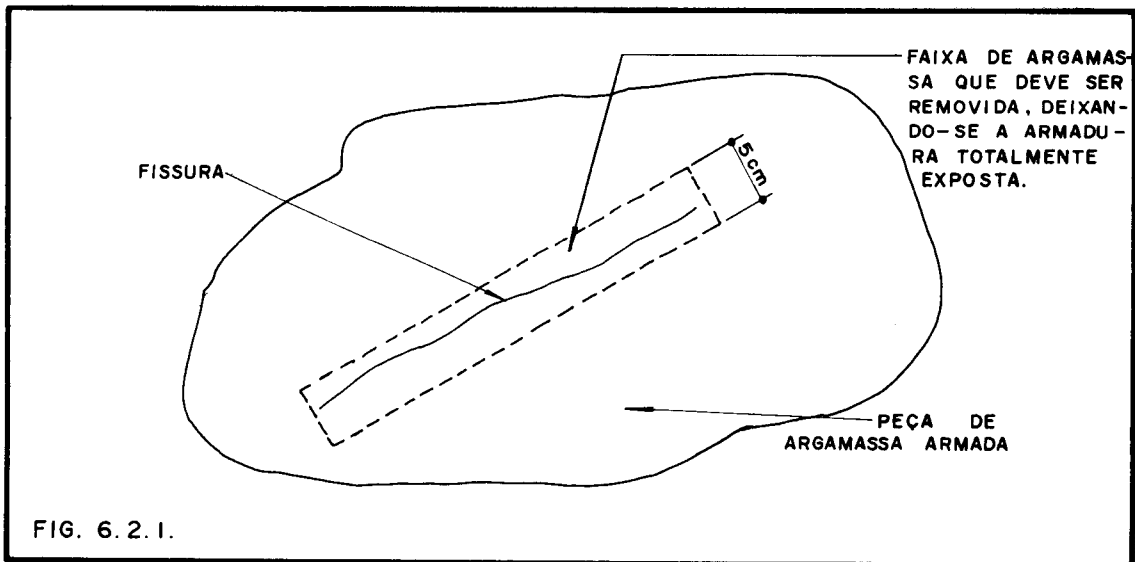
Falta de adensamento conveniente da argamassa.

Superposição deficiente nas emendas das telas.

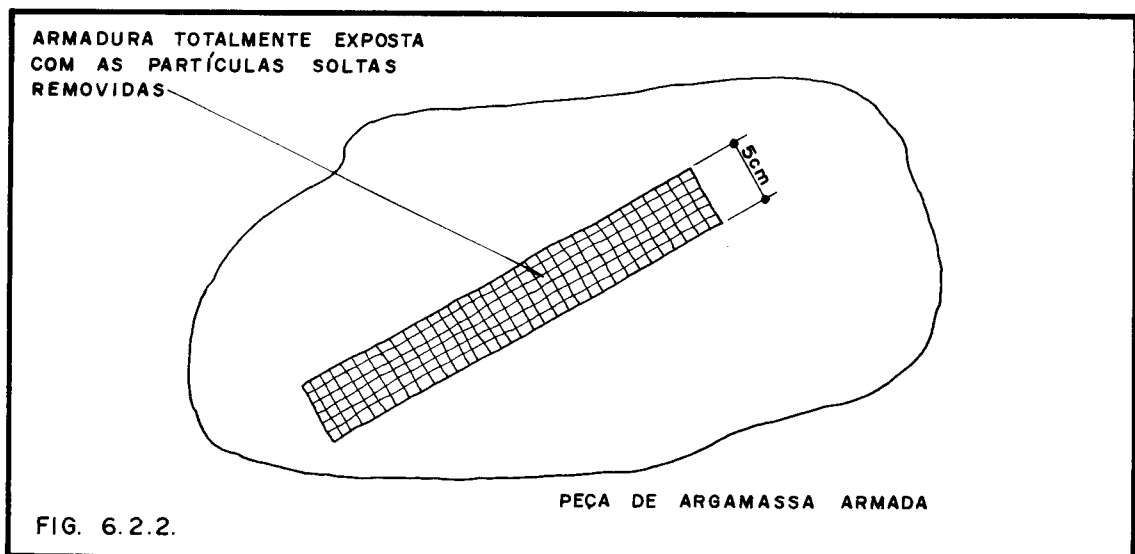
Zonas de resistência desigual na superfície de apoio da argamassa.

## 6.2 - REPAROS QUANDO NÃO SÃO NECESSÁRIAS TELAS ADICIONAIS

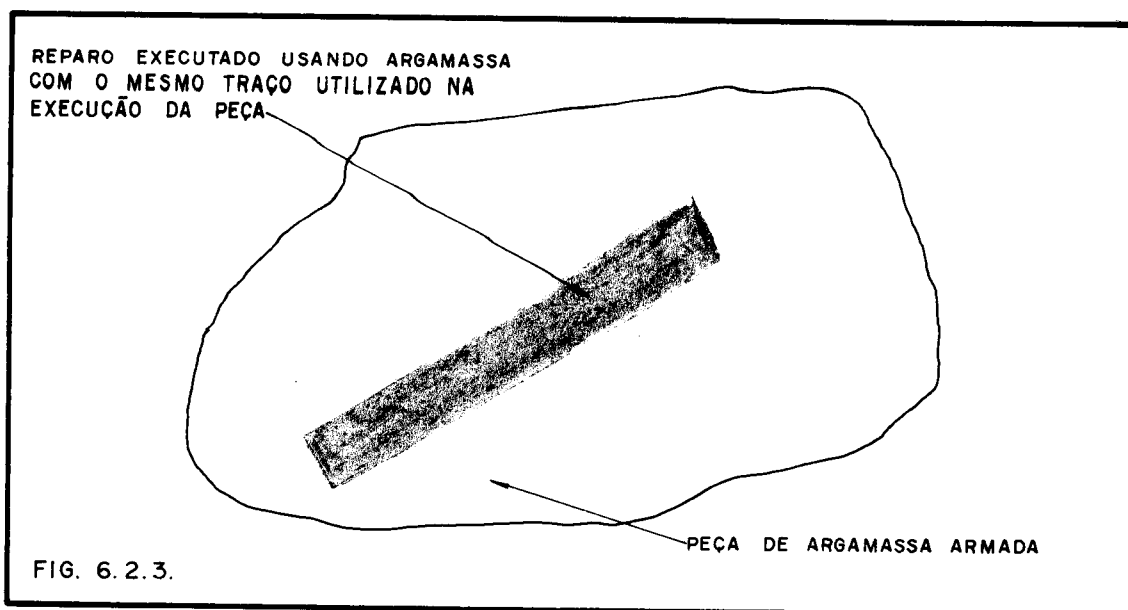
Neste caso, os reparos são bastante simples e não demandam grande trabalho para sua execução. A sequência apresentada a seguir, ilustra o processo de reparação.



- a) remove-se a ponteiro, cuidadosamente para não ofender as telas, uma faixa de argamassa de 5cm, tendo a fissura como eixo. A tela deve ficar totalmente exposta.



- b) todas as partículas soltas devem ser removidas, escovando-se o local com escova de aço ou piaçava para limpeza completa.



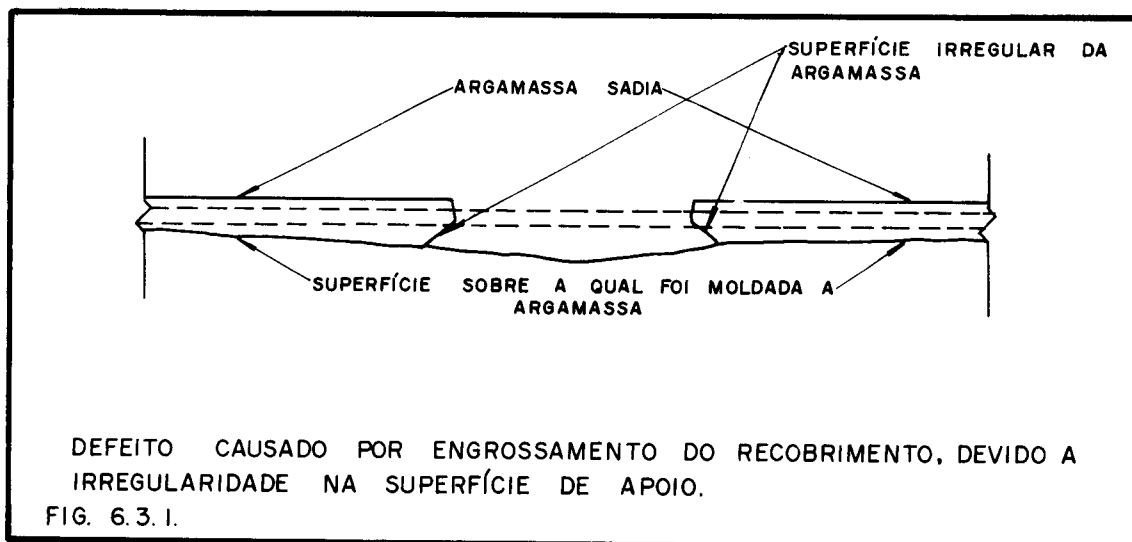
- c) Prepara-se a argamassa, com o mesmo traço utilizado na execução da obra, e molda-se o local, adensando-se vigorosamente com vibrador de placa, até preencher todo o espaço.
- d) O reparo, assim executado, deve ser protegido com capa plástica de cor clara e mantido úmido por sete dias.

OBS.: É inconveniente a utilização de acelerador de pega na argamassa preparada para a moldagem do reparo.

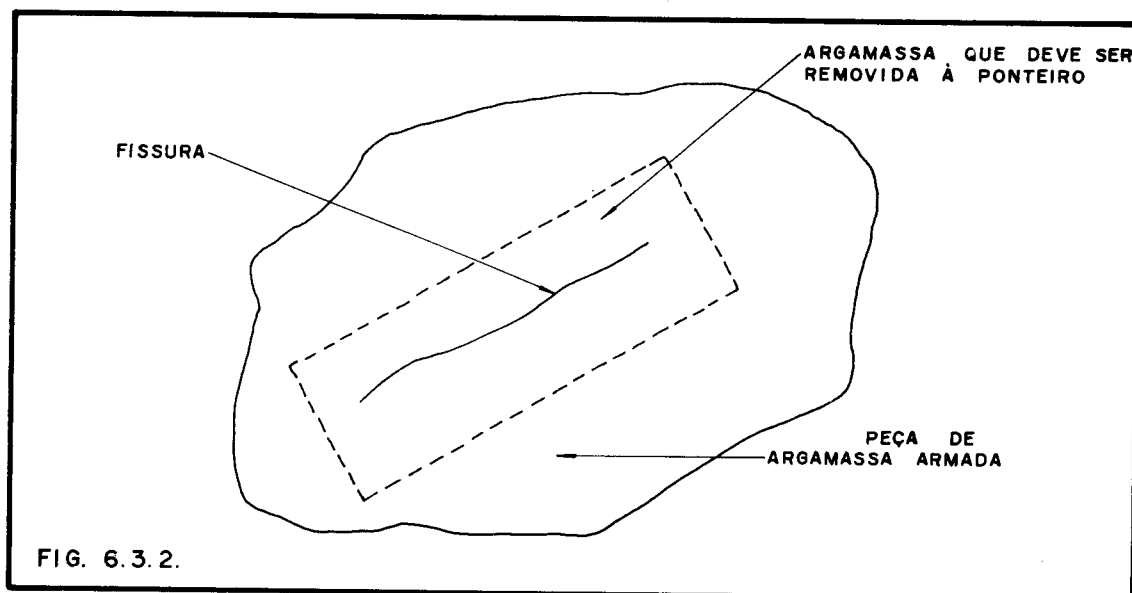
### 6.3 - REPAROS QUANDO SÃO NECESSÁRIAS TELAS ADICIONAIS

Neste caso os reparos sempre são de maior amplitude, necessitando cuidados especiais. Estes defeitos, normalmente são causados por falhas de execução, constatando-se forma bastante irregular da superfície da argamassa, no local onde foi removida a parte lesionada, ao contrário do que se observa nas peças com o recobrimento recomendado.

A figura 6.3.1 mostra o aspecto do local ao se remover a argamassa.

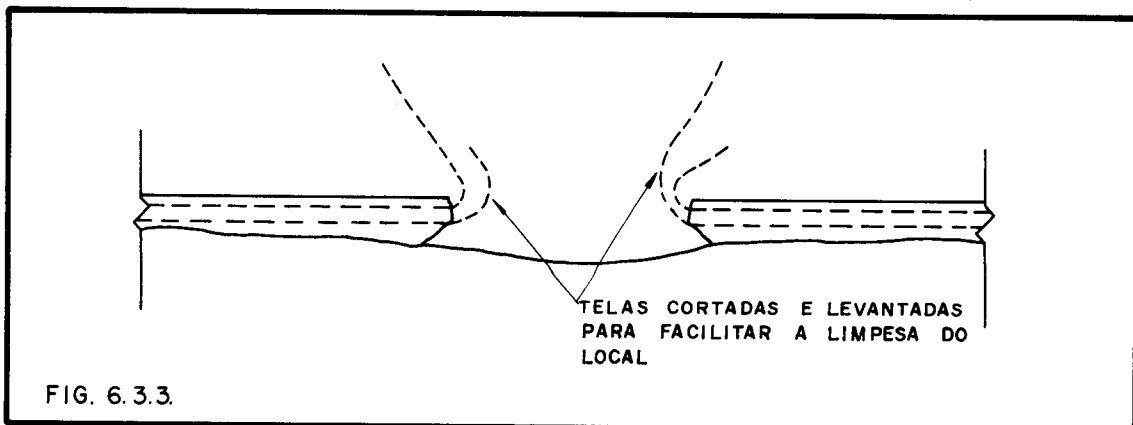


A seqüência em seguida apresentada ilustra o processo.

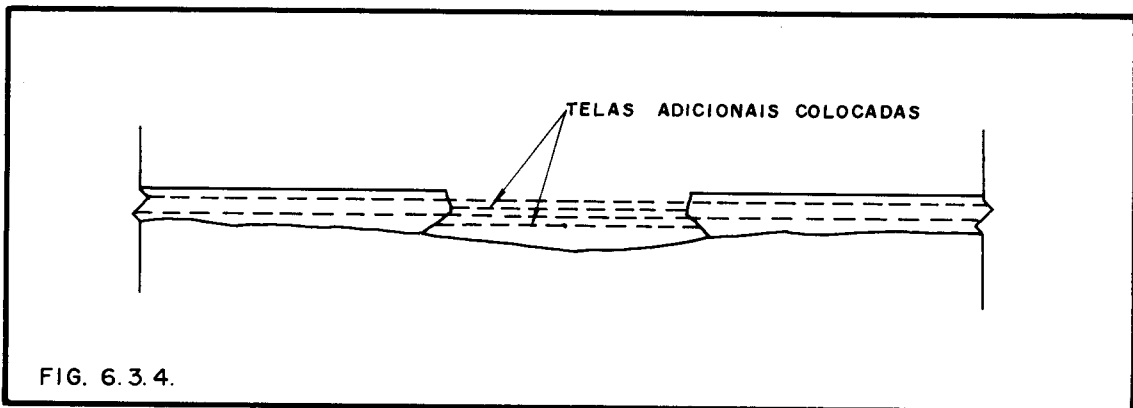


a) remove-se toda a argamassa adjacente à fissura até encontrar-se argamassa sadia.





- b) as telas são cortadas defasadamente e levantadas, para facilitar a remoção da argamassa solta e a limpeza do local.



- c) as telas são fechadas colocando-se a armadura adicional, e unindo-se as emendas com arame.
- d) a moldagem do local processa-se como no caso anterior, forçando a argamassa contra as telas obrigando-a a ocupar todos os espaços existentes.
- e) a proteção do reparo e a cura são feitas da mesma forma que anteriormente.

OBS.: Pode-se, talvez, utilizar adesivo para concreto, na superfície de contato da argamassa velha com a nova. Esta operação deve ser feita pouco antes de se moldar o reparo, tendo em vista que o tempo de duração da atividade do adesivo preparado é pequeno. Torna-se, então, extremamente difícil atingir-se, com o adesivo, a superfície da argamassa em toda a sua extensão, depois que as telas adicionais foram colocadas e unidas às existentes.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Várias piscinas foram executadas depois dos primeiros empregos dos pilaretes, utilizando-se aproximadamente a mesma técnica.

Ao reunir e apresentar as instruções para o emprego da argamassa armada em piscinas, teve-se a intenção de mostrar a finalidade de cada elemento empregado na sua execução e os resultados que se podem obter pela má ou boa utilização dos mesmos. Com isto, pretende-se difundir conhecimentos a respeito do material e da técnica de execução desenvolvida nas obras ora analisadas, no sentido de se obter sempre resultados positivos.

A execução de novas obras, a ampliação das pesquisas com o material, devem levar, certamente, a novas técnicas de execução e a um maior conhecimento de suas propriedades.

As boas qualidades da argamassa armada, a economia que o seu emprego representa, levarão, certamente, à sua maior utilização na construção de reservatórios enterrados econômicos, o que viria, sobremaneira, ajudar a melhorar o abastecimento da população nas pequenas cidades.

## APÊNDICE

### PROJETO DE UMA PEQUENA PISCINA DE ARGAMASSA ARMADA

#### 1. INTRODUÇÃO

Os elementos necessários para a construção de uma pequena piscina de argamassa armada serão apresentados neste apêndice, de forma bastante compacta.

As instalações hidráulicas e de tratamento não serão enfocadas aqui, entretanto, pode-se sugerir para o tratamento da água, tendo em vista o pequeno volume da piscina, a utilização de unidade móvel de tratamento, facilmente encontrada no comércio especializado.

A técnica de construção que deve ser empregada foi apresentada em capítulo anterior.

Os detalhes do projeto são apresentados na figura 1.1.

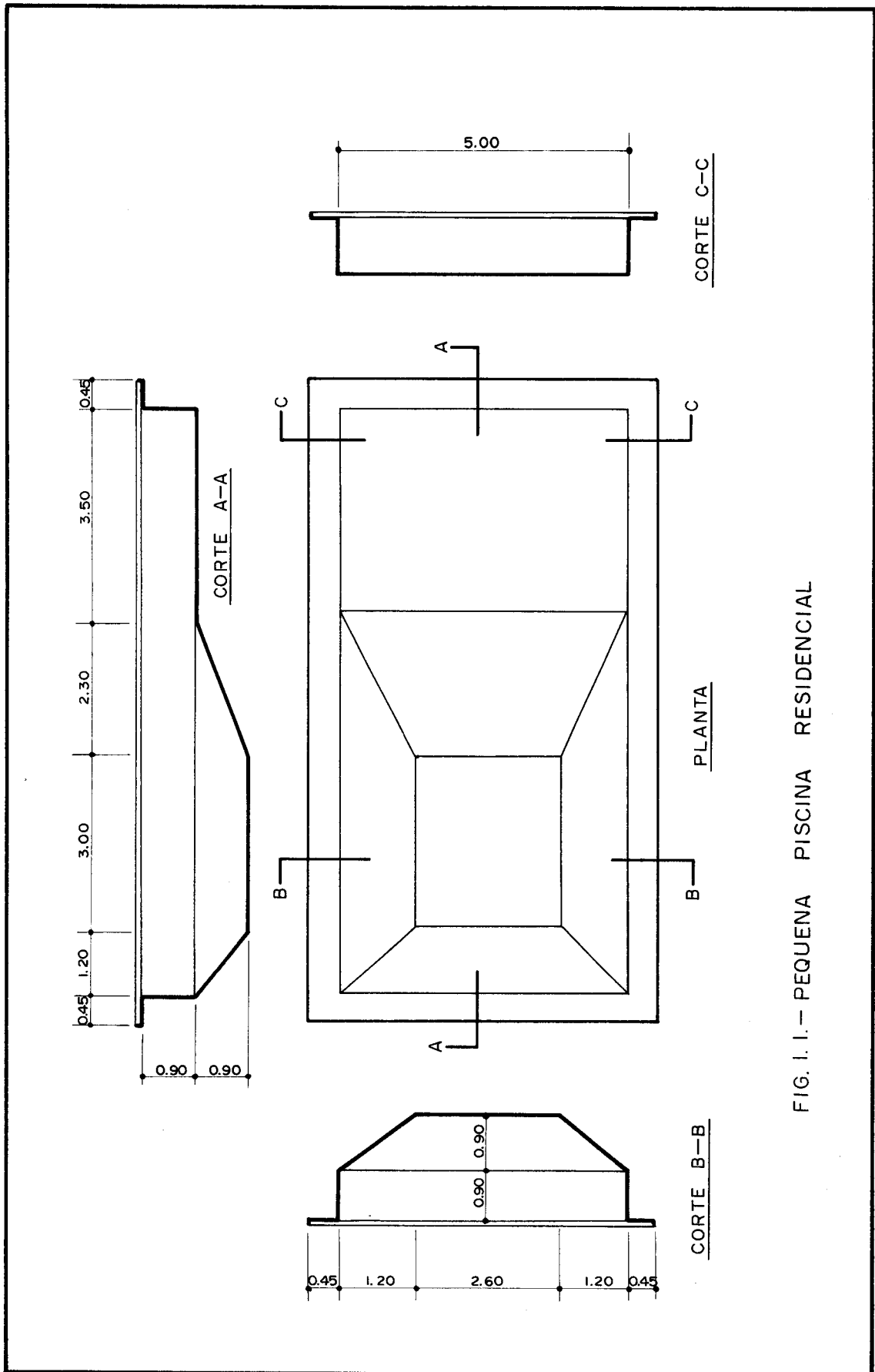


FIG. I. I.— PEQUENA PISCINA RESIDENCIAL





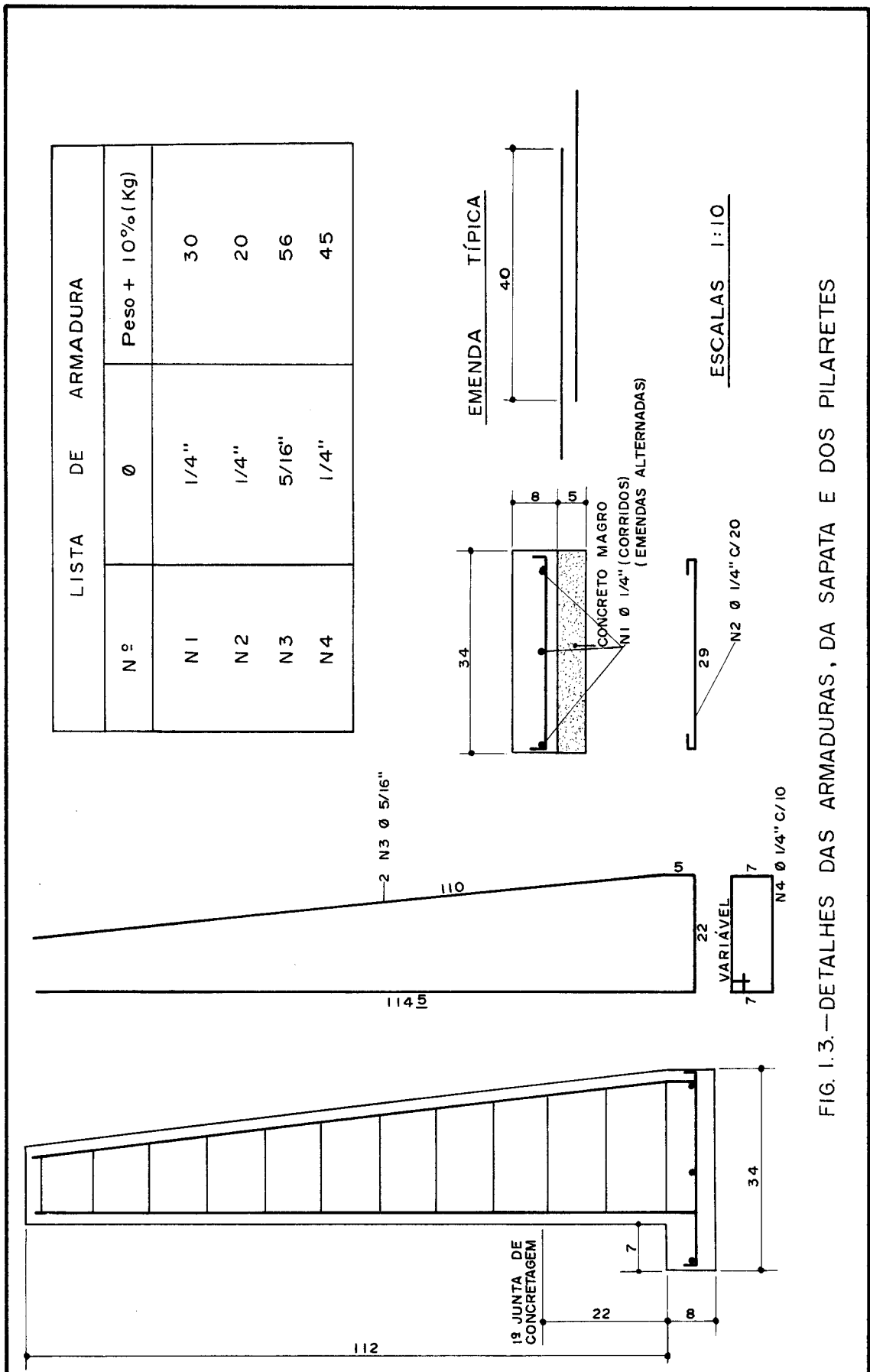


FIG. 1.3.—DETALHES DAS ARMADURAS, DA SAPATA E DOS PILARETES

BIBLIOGRAFIA

1. SCHIEL, F. e MARTINELLI, D.A.O. - Argamassas armadas em elementos estruturais - Forum de Engenharia, técnica e equipamentos nº 4 - Ano 1 (julho de 1964).
2. SCHIEL, F., RACHID, M. e BARREIRO, J. - Coberturas em argamassa armada - Revista Acrópolis nº 368 - Ano 31.
3. PETRONI, L. - Aplicação da argamassa armada na construção de lajes - Serviço de publicações da EESC, 1971.
4. ATHAYDE, A.C. - Estudos sobre argamassa armada - Trabalho apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Engenharia de Estruturas" (junho de 1977).
5. NORMA RUSSA PARA "FERRO-CEMENTO" - Moscou, 1961 - Tradução parcial.
6. NEUFERT, E. - Arte de projetar em arquitetura - Editora Gustavo Gili do Brasil, 1965.
7. PISCINAS - Ministério da Educação e Cultura - Divisão de Educação Física, 1960.
8. JOHNSON, S.M. - Deterioro, conservacion y reparacion de estructuras - Editora Labor S/A, 1973.
9. CATÁLOGO PARA TELAS DE ARAME GALVANISADO - S/A Indústrias Giometti.
10. TELAS SOLDADAS TELCON - Telcon S/A Indústria e Comércio.