



INSTITUTO BRASILEIRO
DE TELAS SOLDADAS

TELAS SOLDADAS

EMENDAS

Boletim Técnico

TELAS SOLDADAS EMENDAS

Eng. Luiz Cholfe*

* Engenheiro, mestre em Estruturas pela USP, em 1986. Professor titular de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie. Diretor responsável pela STATURA Engenharia de Projetos S/C Ltda.

SUMÁRIO

1- OBJETIVOS	3
2- CONSIDERAÇÕES DAS NORMAS TÉCNICAS E RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS	3
2.1 - Estados Unidos da América	3
2.2 - França	5
2.3 - Alemanha	6
2.4 - Brasil	7
Comentários	7
3- DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	8
3.1 - Definição dos Modelos ensaiados	9
3.1.1 - Modelo Quadrado	9
i - Geometria, disposição da armadura e condições externas	9
ii - Definição dos modelos: espessuras e armaduras	10
iii - Análise estrutural	11
3.1.2 - Modelo Retangular	13
i - Geometria, disposição da armadura e condições externas	13
ii - Definição dos modelos: espessuras e armaduras	14
iii - Análise estrutural	15
3.2 - Verificação da armadura - estimativa da carga de ensaio	16
3.2.1 - Modelo Quadrado	16
3.2.2 - Modelo Retangular	17
4- DESENVOLVIMENTO DE ENSAIOS	17
4.1 - Os materiais	17
4.2 - Confeção e transporte dos modelos	18
4.3 - Ensaio: equipamentos / sistemática	19
5- ANÁLISE DOS ENSAIOS, COMPARAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	20
Comentários	22
6- RELATÓRIO CONCLUSIVO	24
6.1 - Recomendações finais	24
Comentários	26
7- FICHA TÉCNICA	26

01 OBJETIVOS

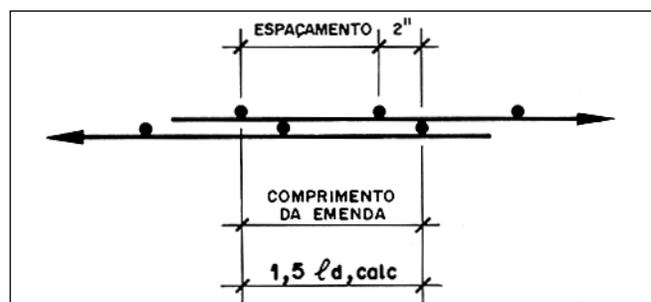
O presente trabalho foi realizado para os seguintes objetivos principais:

- Pesquisar, em lajes de concreto, armadas com telas soldadas submetidas a solicitações de flexão, a eficiência de emendas em diversas condições de sobreposição de malhas.
- Divulgar a técnica de emendas empregadas em países onde é intensa a utilização de telas soldadas em estruturas de concreto armado.
- Recomendar, dentro das condições normais de segurança, quais os tipos de emendas mais adequadas, observando-se os padrões técnicos e também econômicos.

02 CONSIDERAÇÕES DAS NORMAS TÉCNICAS E RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS

2.1 Estados Unidos da América

Os americanos, para as emendas de telas em aço liso, equivalentes às fabricadas no Brasil recomendam, através do ACI 318-77, seção 12.20, o seguinte procedimento:



O comprimento da emenda não pode ser:

1) Menor que $1,5 \ell_d$, calc. = $1,5 \ell_d$ quando

$$A_{s, \text{ adotada}} = A_{s, \text{ calculada}}$$

$$\ell_d = 0,27 \times A_w f_y / S_w \sqrt{f'_c}$$

2) Menor que 1 espaçamento + 2"

3) Menor que 6"

A notação utilizada é a que segue:

ℓ_d = comprimento de ancoragem (polegadas)

A_w = área de um fio a ser emendado (polegadas)²

f_y = tensão de escoamento do aço (psi)

S_w = espaçamento do fio a ser emendado (polegada)

f'_c = resistência à compressão do concreto (psi)

Aplicando-se a recomendação acima para telas e concretos normalmente utilizados no Brasil, ter-se-ia:

■ Tela Q196 com concreto de $f_{ck} = 18$ MPa : $\ell_d = 3,46$ in

1) $1,5 \times 3,46 = 5,19$ in

2) $3,97 + 2 = 5,97$ in

3) 6,00 in

O comprimento da emenda deve ser 6,00 in \cong 15 cm (1,5 malhas)

■ Tela Q335 com concreto de $f_{ck} = 18$ MPa : $\ell_d = 6,01$ in

1) $1,5 \times 6,01 = 9,02$ in

2) $5,91 + 2 = 7,91$ in

3) 6,00 in

O comprimento da emenda deve ser 9,02 in \cong 23 cm (1,5 malhas)

■ Tela Q503 com concreto de $f_{ck} = 18$ MPa : $\ell_d = 9,02$ in

1) $1,5 \times 9,02 = 13,53$ in

2) $3,97 + 2 = 5,97$ in

3) 6,00 in

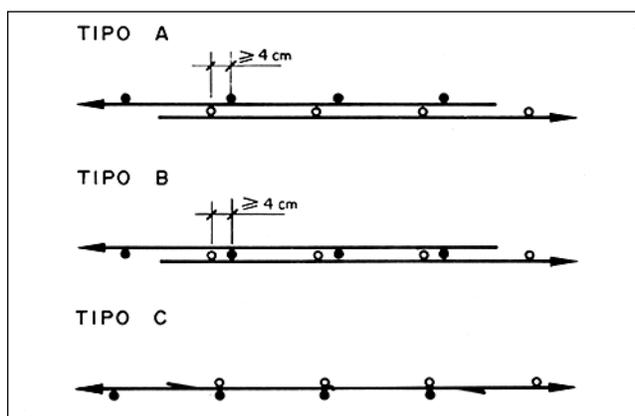
O comprimento da emenda deve ser 13,53 in \cong 34 cm (3,0 malhas)

As emendas de um modo geral, são executadas com sobreposições de 1,5 a 3,0 malhas.

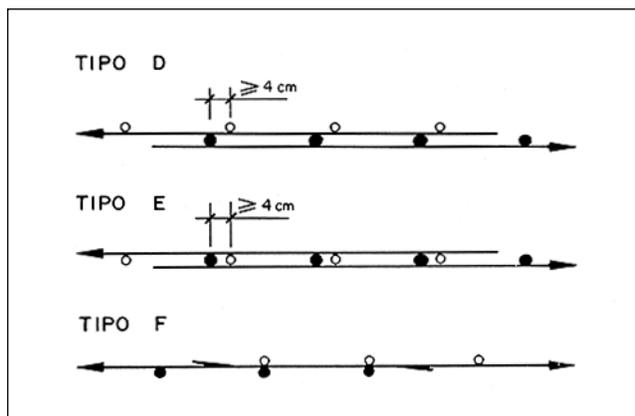
2.2 França

Os franceses, representados pela ADETS (ASSOCIATION TECHNIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'EMPLOI DU TREILLIS SOUDÉ) que reúne também fabricantes de outros países como Alemanha, Itália e Bélgica, recomendam, para as telas soldadas formadas por fios lisos (Artigo A. 6. 2,2), o seguinte procedimento:

- a. Para as emendas dos fios principais, com 3 arranjos:



- b. Para as emendas dos dois secundários (distribuição), com 3 arranjos:



Observação: As soluções mais eficientes, tanto no aspecto emenda como em relação à altura útil, são as indicadas com C e F.

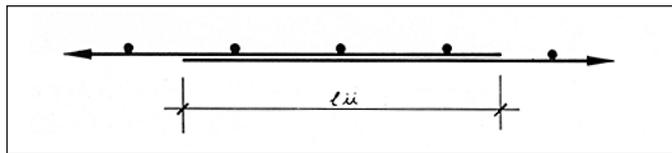
As emendas, no caso dos fios principais, são executadas com sobreposições de 2 malhas ou 2 malhas + 4 cm.

No caso da armadura de distribuição, as emendas são efetuadas com 1 malha ou 1 malha + 4 cm.

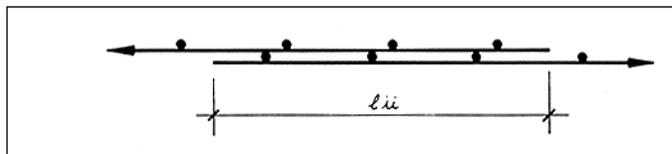
2.3 Alemanha

Na Alemanha (BAUSTAHLGEWEBE GMBH, em conformidade com a DIN 1045), as emendas, com sobreposição de nós, podem ser executadas com dois tipos de arranjos:

- **TIPO A:** Emendas em um só plano, com as barras emendadas posicionadas lado a lado



- **TIPO B:** Emendas em dois planos, com as barras emendadas posicionadas uma sobre a outra.



O comprimento da emenda (l_{ii}) pode ser determinado pela expressão:

$$l_{ii} = \alpha_{ii} \times l_1 \geq 20 \text{ cm, onde:}$$

α_{ii} = coeficiente que depende do diâmetro da barra que está sendo emendada (d_s) e da zona onde se processa a emenda (boa ou má aderência), sempre com o valor $\geq 1,0$

$$l_1 = l_0 \times \frac{A_{s, \text{ calculada}}}{A_{s, \text{ adotada}}}$$

l_0 = comprimento de ancoragem reta

$$l_0 = f \times d_s$$

f = f (tipo de concreto e da zona onde se processa a emenda).

Aplicando-se as expressões anteriores para um concreto tipo B 25, em zona de boa aderência, ter-se-ia:

$$\alpha_{ii} = 1,12 \quad f = 40 \quad l_{ii} = \alpha_{ii} \times f \times d_s \times \frac{A_{s, \text{ calculada}}}{A_{s, \text{ adotada}}}$$

$$\frac{A_{s, \text{ calculada}}}{A_{s, \text{ adotada}}} = 1 \quad l_{ii} = 44,80 \times d_s$$

- Tela Q138: $\ell_{\ddot{u}}$ = 18,82 cm, adotar $\ell_{\ddot{u}}$ = 20 cm (1 malha)
- Tela Q196: $\ell_{\ddot{u}}$ = 22,40 cm (1,24 ou 1,75 malhas)
- Tela Q503: $\ell_{\ddot{u}}$ = 35,84 cm (2,58 ou 3,08 malhas)
- Tela QA785: $\ell_{\ddot{u}}$ = 44,80 cm (3,48 ou 3,98 malhas)

As emendas, de acordo com as considerações adotadas, são executadas com sobreposições de aproximadamente 1,0 a 4,0 malhas.

2.4 Brasil

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS), recomenda os seguintes tipos de emendas:

Fig.1 - Armadura principal: as emendas devem ser executadas com sobreposição de 3 malhas.

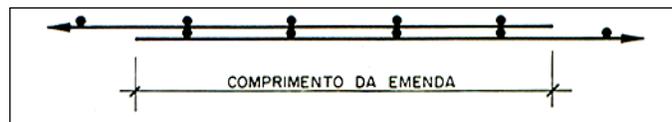


Fig.2 - Armadura de distribuição: as emendas devem ser executadas com sobreposição de 1 malha.



Comentários

- 01** - Todas as recomendações e considerações acima detalhadas aplicam-se para as telas utilizadas no Brasil (fios lisos, simples e com diâmetro de no máximo 12,5 mm). Os elementos estruturais são lajes e as emendas se processam em regiões de boa aderência. Os carregamentos, para as emendas especificadas, são do tipo estáticos (aplicação progressiva).
- 02** - Tendo como base o que se adota internacionalmente, as emendas utilizadas no Brasil podem ser consideradas conservadoras, principalmente nas telas com fios finos.
- 03** - Para a adequação aos padrões internacionais, são necessários alguns ajustes de tal modo a tornar as emendas praticadas no Brasil mais econômicas, garantindo, no entanto, as condições normais de segurança. Com esse objetivo foi idealizada esta pesquisa, onde foram ensaiados 3 tipos de emendas com variação na sobreposição das malhas (1, 2 ou 3 malhas).
- 04** - No Brasil, as normas para as telas soldadas são:
 - NBR 5916 - Junta de tela de aço soldada para armadura de concreto - Ensaio de resistência ao cisalhamento - Método de ensaio.
 - NBR 7481 - Tela de aço soldada - Armadura para concreto - Especificação.

03 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

A intenção principal deste trabalho é analisar a eficiência das emendas das telas soldadas em lajes de concreto armado, usualmente executadas no Brasil. Para isso, adotaram-se modelos que representam a maioria deste tipo de estrutura, principalmente em construções prediais. O concreto utilizado foi o comum com $f_{ck} = 18$ MPa. As telas, com aço CA 60 e CA 50, são as fabricadas com aço das companhias siderúrgicas brasileiras, em particular o GRUPO GERDAU e a CIA. SIDERÚRGICA BELGO MINEIRA.

As espessuras variam de 8 a 12 cm. Foram utilizados modelos com formas quadrada (2,50 x 2,50 m) e forma alongada (0,50 x 2,50 m).

As emendas foram representadas e comparadas através de 4 situações distintas:

1º CASO: ARMADURA SEM EMENDAS (CONTÍNUA)

2º CASO: EMENDA COM TRANSPASSE DE 3 MALHAS

3º CASO: EMENDA COM TRANSPASSE DE 2 MALHAS

4º CASO: EMENDA COM TRANSPASSE DE 1 MALHA

As ações foram aplicadas progressivamente em áreas de 15 x 15 cm, posicionadas de tal forma a garantir simetria de esforços e efeitos. Para facilitar a inspeção e a análise visual da fissuração, o carregamento foi aplicado de baixo para cima (contrário à ação do peso próprio).

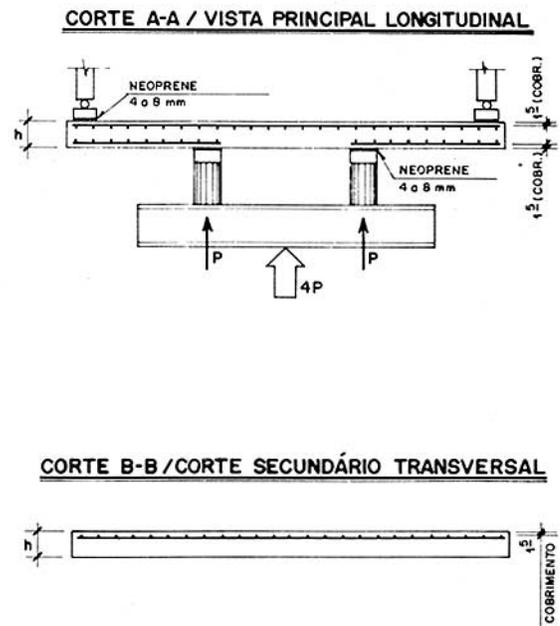
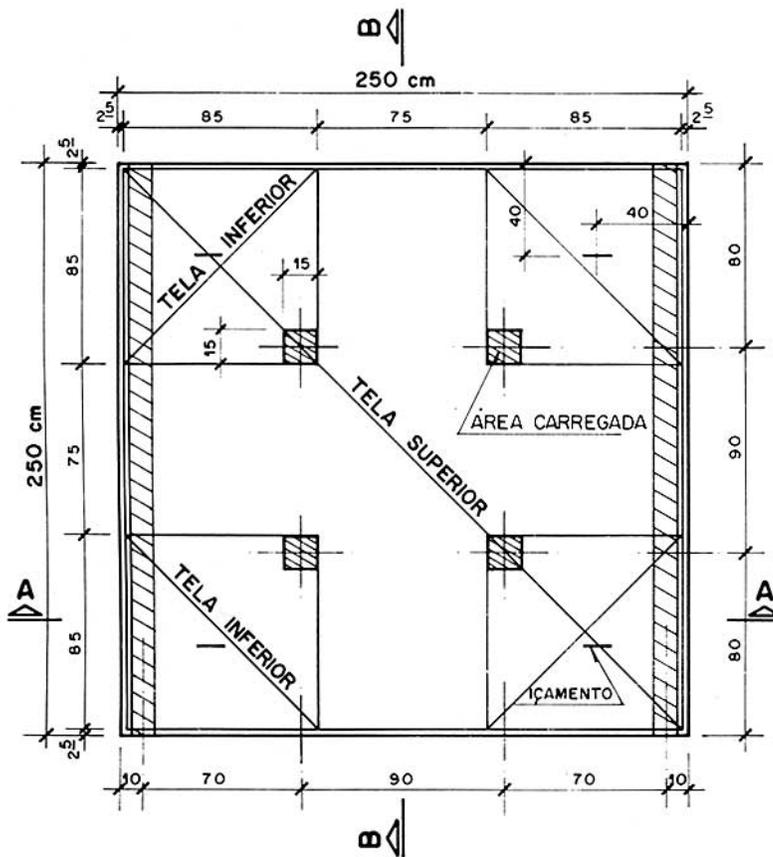
A análise estrutural, por elementos finitos, foi feita através da utilização do programa SAP-90.

Os critério de dimensionamento e verificações foram os recomendados pela NBR-6118.

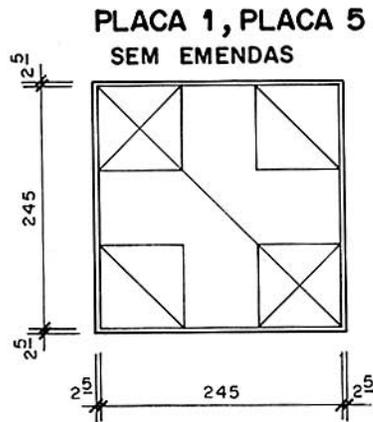
3.1 Definição dos modelos ensaiados

3.1.1. Modelo Quadrado

i - Geometria, disposição da armadura e condições externas



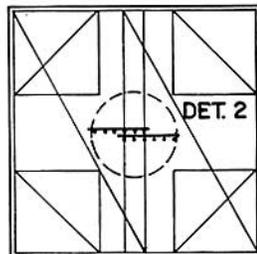
ii - Definição dos modelos: espessuras e armaduras



DETALHE 1
ESC. 1: 25



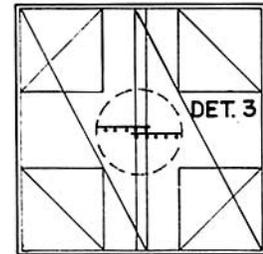
PLACA 3, PLACA 7
EMENDA DE 2 MALHAS



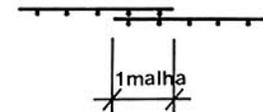
DETALHE 2
ESC. 1: 25



PLACA 4, PLACA 8
EMENDA DE 1 MALHA



DETALHE 3
ESC. 1: 25



Modelos	Espessuras h (cm)	Tela superior	Tela inferior
PLACAS 1, 2, 3, 4	8	Q196 (5,0 c/ 10)	Q138 (4,2 c/ 10)
PLACAS 5, 6, 7, 8	8	Q335 (8,0 c/ 15)	Q138 (4,2 c/ 10)

RESULTADOS DA ANÁLISE ESTRUTURAL**■ MOMENTOS FLETORES**

Unidades: KN.m

P = 1KN

Nós	Carregamento 1		Carregamento 2		Combinação: 1 + 2	
	M11	M22	M11	M22	M11	M22
4 e 18	0,751	~0	-0,280P	~0	0,751 - 0,280P	~0
67 e 81	0,719	0,090	-0,298P	-0,006P	0,719 - 0,298P	0,090 - 0,006P
109 e 123	0,713	0,110	-0,307P	-0,011P	0,713 - 0,307P	0,110 - 0,011P
172 e 186	0,711	0,118	-0,322P	-0,072P	0,711 - 0,322P	0,118 - 0,072P
7 e 15	1,166	~0	-0,459P	~0	1,166 - 0,459P	~0
70 e 78	1,116	0,134	-0,533P	-0,008P	1,116 - 0,533P	0,134 - 0,008P
112 e 120	1,106	0,167	-0,645P	-0,250P	1,106 - 0,645P	0,167 - 0,250P
175 e 183	1,103	0,179	-0,571P	-0,117P	1,103 - 0,571P	0,179 - 0,117P
11	1,376	~0	-0,548P	~0	1,376 - 0,548P	~0
74	1,318	0,155	-0,553P	-0,115P	1,318 - 0,553P	0,155 - 0,115P
116	1,306	0,195	-0,562P	-0,182P	1,306 - 0,562P	0,195 - 0,182P
179	1,301	0,210	-0,587P	-0,154P	1,301 - 0,587P	0,210 - 0,154P

■ DESLOCAMENTOS

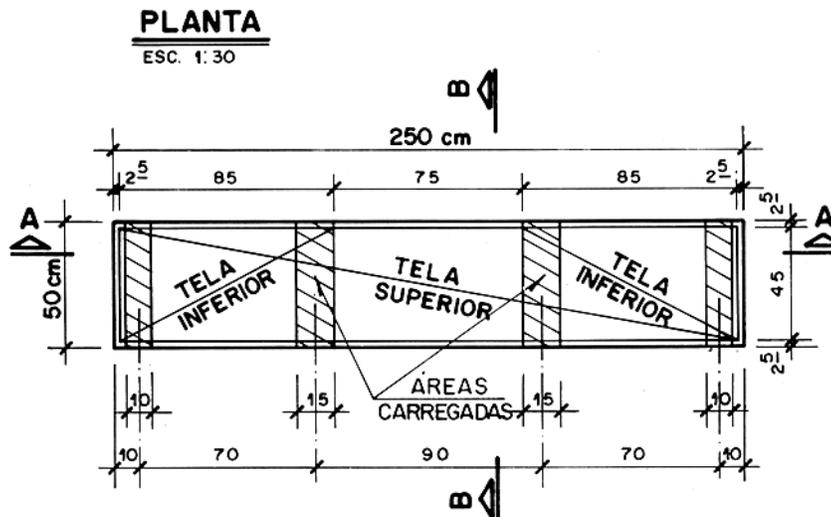
Unidade: cm

P = 1KN

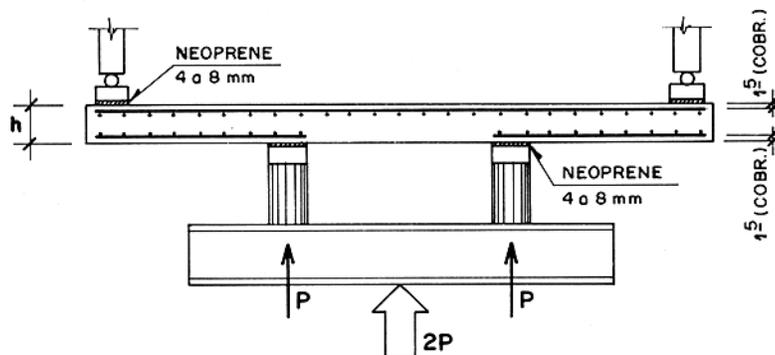
Nós	Carregamento 1	Carregamento 2	Combinação: 1 + 2
11	- 0,084	+ 0,033 P	- 0,084 + 0,033 P
74	- 0,079	+ 0,034 P	- 0,079 + 0,034 P
116	- 0,078	+ 0,036 P	- 0,078 + 0,036 P
179	- 0,077	+ 0,036 P	- 0,077 + 0,036 P

3.1.2 Modelo Retangular

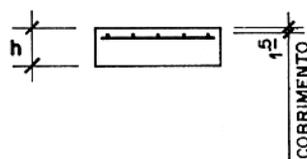
i - Geometria, disposição da armadura e condições externas



CORTE A-A / VISTA PRINCIPAL LONGITUDINAL

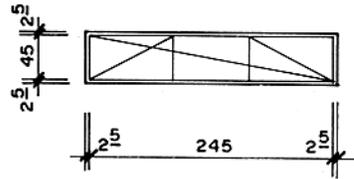


CORTE B-B / CORTE SECUNDÁRIO TRANSVERSAL

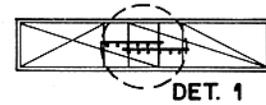


ii - Definição dos modelos: espessuras e armaduras

BARRAS: 9, 13, 17 e 21
SEM EMENDAS



BARRAS: 10, 14, 18 e 22
EMENDA DE 3 MALHAS



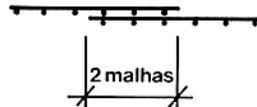
DETALHE 1



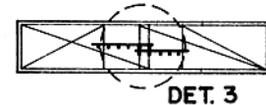
BARRAS: 11, 15, 19 e 23
EMENDA DE 2 MALHAS



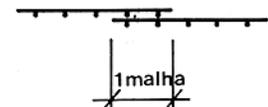
DETALHE 2



BARRAS: 12, 16, 20 e 24
EMENDA DE 1 MALHA

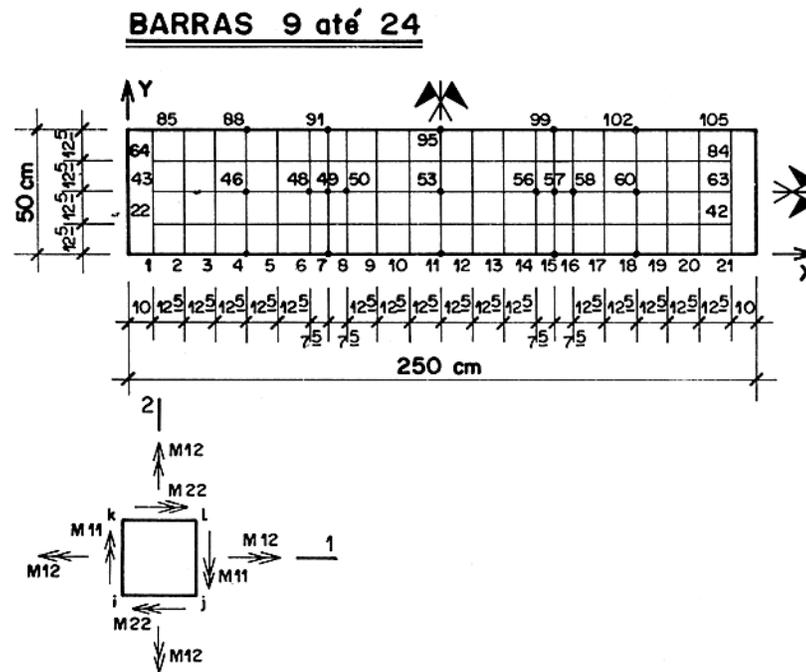


DETALHE 3



Modelos	Espessura h (cm)	Tela Superior	Tela Inferior
BARRAS: 9, 10, 11, 12	8	Q138 (4,2 c/ 10)	Q138 (4,2 c/ 10)
BARRAS: 13, 14, 15, 16	8	Q283 (6,0 c/ 10)	Q138 (4,2 c/ 10)
BARRAS: 17, 18, 19, 20	10	Q335 (8,0 c/ 15)	Q138 (4,2 c/ 10)
BARRAS: 21, 22, 23, 24	12	QA785 (10c/ 10)	Q138 (4,2 c/ 10)

iii - Análise estrutural



RESULTADOS DA ANÁLISE ESTRUTURAL

■ **MOMENTOS FLETORES**

Unidades: KN.m

P = 1KN

Nós	Carregamento 1		Carregamento 2		Combinação: 1 + 2	
	M11	M22	M11	M22	M11	M22
4 e 18	0,726	~0	- 0,753 P	~0	0,726 - 0,753 P	~0
46 e 60	0,719	0,018	- 0,748 P	- 0,010 P	0,719 - 0,748 P	0,018 - 0,010 P
88 e 102	0,726	~0	- 0,753 P	~0	0,726 - 0,753 P	~0
7 e 15	1,125	~0	- 1,373 P	~0	1,125 - 1,373 P	~0
49 e 57	1,117	0,020	- 1,357 P	- 0,043 P	1,117 - 1,357 P	0,020 - 0,043 P
91 e 99	1,125	~0	- 1,373 P	~0	1,125 - 1,373 P	~0
11	1,328	~0	- 1,403 P	~0	1,328 - 1,403 P	~0
53	1,319	0,020	- 1,398 P	- 0,011 P	1,319 - 1,198 P	0,020 - 0,011 P
95	1,328	~0	- 1,403 P	~0	1,318 - 1,403 P	~0

Obs: Os resultados apresentados para o carregamento 1 são das barras com h=8 cm. Para as barras de espessuras diferentes devem ser feitas as devidas adequações.

■ DESLOCAMENTOS

Unidade: cm

Nós	Carregamento 1	Carregamento 2	Combinação: 1 + 2
11	- 0,081	+ 0,091 P	- 0,081 + 0,091 P
53	- 0,081	+ 0,090 P	- 0,081 + 0,090 P
95	- 0,081	+ 0,091 P	- 0,081 + 0,091 P

Obs.: Os resultados apresentados para o carregamento 1 são das barras com $h=8$ cm. Para as barras de espessuras diferentes devem ser feitas as devidas adequações.

3.2 Verificação da Armadura - Estimativa da Carga de Ensaio

A escolha da tela para armar os modelos foi feita de tal modo que ficassem representados os tipos mais utilizados no Brasil, conforme a seguinte relação:

Aço CA 60 - tipo Q138: \varnothing 4,2 mm c/ 10 cm
 Aço CA 60 - tipo Q196: \varnothing 5,0 mm c/ 10 cm
 Aço CA 60 - tipo Q283: \varnothing 6,0 mm c/ 10 cm
 Aço CA 60 - tipo Q335: \varnothing 8,0 mm c/ 15 cm
 Aço CA 50 - tipo QA785: \varnothing 10,0 mm c/ 10 cm

O concreto adotado foi o convencional, executado com cimento de alta resistência inicial (ARI). As resistências características estimadas ($f_{ck,est}$) foram de 20,7 MPa para o primeiro lote e de 22,6 MPa para o segundo lote.

Os valores característicos da carga teórica (P) foram determinados dentro das hipóteses do Estado Limite Último, conforme recomendações da NBR 6118, levando-se em conta a armadura escolhida e o $f_{ck,est}$ de cada modelo.

3.2.1 Modelo Quadrado

Modelo	Concretos $F_{ck,est}$ (MPa)	Seção Resistente (m x m)	Altura Útil (m)	Armadura Adotada (cm ²)	Momento Fletor (KN.m)	Estimativa para P (KN)
1, 2, 3, 4	20,7	2,50 x 0,08	0,0625	Q196: 4,90 5,0 c/ 10	- 10,67	9,93
5, 6, 7, 8	22,6	2,50 x 0,08	0,0610	Q335: 8,50 8,0 c/ 15	- 17,27	14,62

Obs.: Comprimento da armadura = 1,5 cm
 $b_w = 2,50$ m
 $M_{\max} = (1,325 - 0,563P) \times 2,50$ KN.m
 Os valores de P são característicos

3.2.2 Modelo Retangular

Modelo	Concretos $F_{ck,est}$ (MPa)	Seção Resistente (m x m)	Altura Útil (m)	Armadura Adotada (cm ²)	Momento Fletor (KN.m)	Estimativa para P (KN)
9,10,11,12	20,7	0,50 x 0,08	0,0629	Q138: 0,69 4,2 c/ 10	- 1,55	3,16
13,14,15,16	22,6	0,50 x 0,08	0,0620	Q283: 1,42 6,0 c/ 10	- 2,99	5,21
17,18,19,20	22,6	0,50 x 0,10	0,0810	Q335: 1,50 8,0 c/ 15	- 3,99	4,51
21,22,23,24	20,7	0,50 x 0,12	0,1000	QA785: 3,93 10,0 c/ 10	- 10,55	16,48

Obs.: Cobrimento da armadura = 1,5 cm

$b_w = 0,50$ m

$M_{máx} = (1,325 - 1,401P) \times 0,50 \text{KN.m}$ (para $h=8$ cm)

$M_{máx} = (1,656 - 1,401P) \times 0,50 \text{KN.m}$ (para $h=10$ cm)

$M_{máx} = (1,987 - 1,401P) \times 0,50 \text{KN.m}$ (para $h=12$ cm)

Os valores de P são os característicos

04 DESENVOLVIMENTO DOS ENSAIOS

4.1 Os Materiais

Os materiais utilizados na confecção dos modelos foram analisados e ensaiados nos laboratórios do "Instituto Tecnológico Mackenzie".

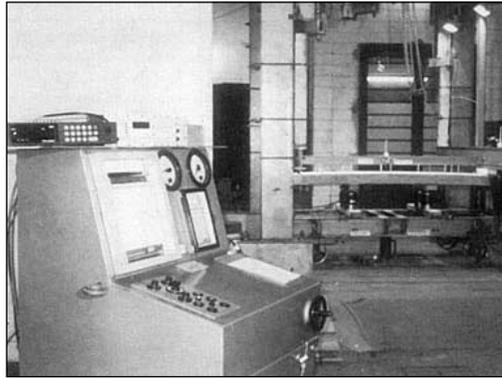
Para o concreto foi executado um estudo de dosagem experimental para $f_{ck} = 18 \text{MPa}$, consistência de 40 ± 10 mm e desvio padrão de 4,5 MPa. O cimento utilizado foi da marca CIMINAS - ARI.

Nas telas de aço CA 60 e CA 50 foram realizados ensaios de tração e dobramento, conforme Normas NBR 7481 e NBR 5916 da ABNT.

4.2 Confecção e Transporte dos Modelos

Os modelos foram executadas no canteiro da TANGRAM, Município de Jundiá (SP), em 2 lotes, a saber:

- No dia 22/4/91 foram concretadas as PLACAS 1, 2, 3, e 4 e as BARRAS 9, 10, 11, 12, 21, 22, 23 e 24.
- No dia 06/5/91 foram concretadas as PLACAS 5, 6, 7 e 8 e as BARRAS 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20.



Laboratório do Instituto Tecnológico Mackenzie. Em primeiro plano a máquina de ensaio e controladores digitais. Em segundo plano a estrutura e elementos auxiliares.

O concreto foi lançado em fôrmas feitas de compensado resinado e adensado com vibrador de imersão. A cura dos modelos deu-se em local protegido.

Os corpos de prova do primeiro lote foram ensaiados no dia 22/5/91 e apresentaram um $f_{ck,est} = 20,7$ MPa.

Os ensaios do segundo lote foram em 03/6/91 e o $f_{ck,est}$ foi de 22,6 MPa.

Os modelos foram transportados para o local dos ensaios, Instituto Tecnológico Mackenzie, também em 2 lotes, nos dias 17/5 e 03/6/91.

4.3 Ensaios: Equipamentos / Sistemática

Os modelos foram preparados, inicialmente, com marcação, na face próxima da armadura, da discretização utilizada na análise estrutural teórica. Foram destacados os elementos, através dos quais aplicar-se-iam os carregamentos progressivos do ensaio.

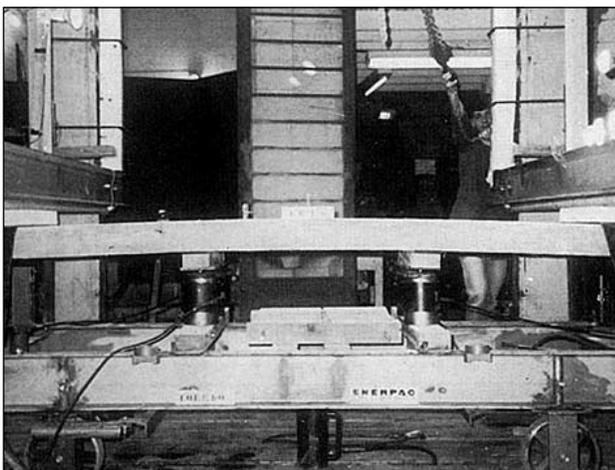
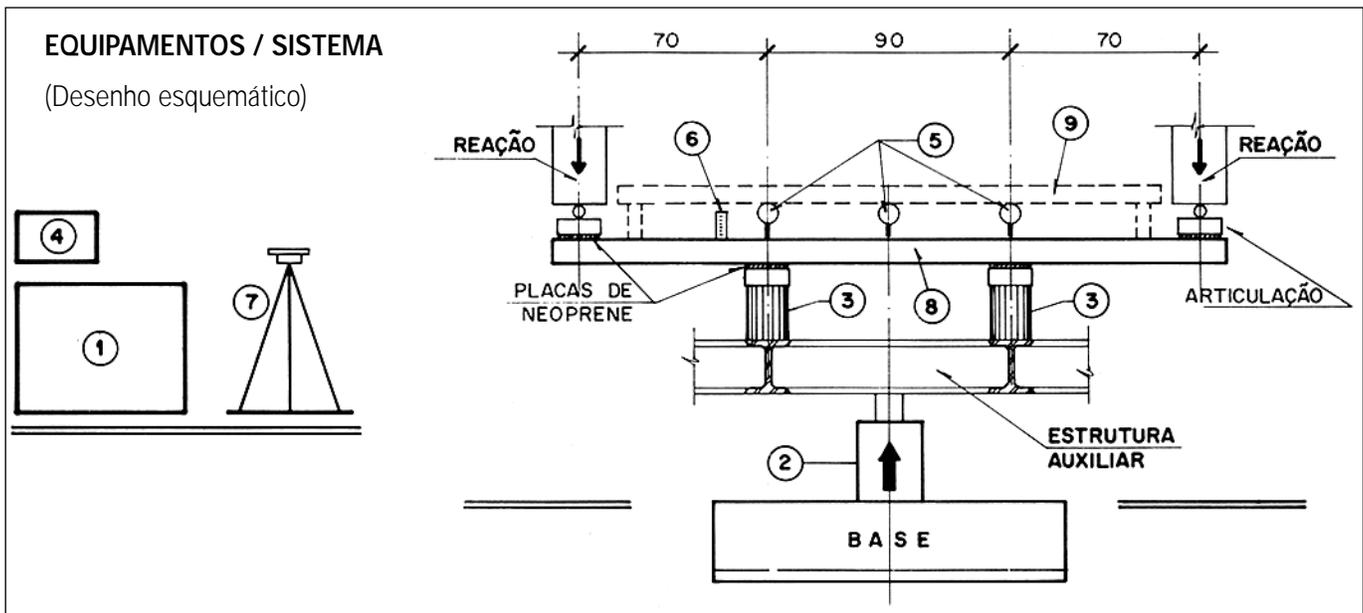
Os modelos foram ensaiados individualmente, em conformidade com as condições teóricas propostas no item 03.

As cargas foram aplicadas progressivamente e em etapas. A duração de cada etapa foi de aproximadamente 5 minutos.

Entre duas etapas consecutivas, adotou-se um intervalo de tempo de 15 minutos para as operações de controle dos deslocamentos e do surgimento/desenvolvimento das fissuras.

Foram atingidas, durante os ensaios, situações de fissuração e de deformações fora do regime normal de utilização das estruturas de concreto armado, incluindo-se alguns casos de ruptura dos modelos.

A figura, a seguir, esclarece o exposto.



Um modelo sendo ensaiado. Destaque para a posição deformada.

Legenda

- 1 - Máquina Universal de Ensaio (gerador de pressão): ZDTE30.
- 2 - Atuador hidráulico ENERPAC com capacidade de 500 KN.
- 3 - 4 células de carga TOLEDO com capacidade de 200 KN cada.
- 4 - Indicador digital TOLEDO e indicador ALFA com seletor de posições para leituras sequenciais.
- 5 - Relógios comparadores com divisões de 0,01 mm MITUTOYO (deslocamentos).
- 6 - Micrômetro ótico AUSS JGNA com resolução 0,01 m (fissuras).
- 7 - Níveis de topografia SOKKISHA - C30 (deslocamentos)
- 8 - Modelo sendo ensaiado.
- 9 - Suporte dos relógios comparadores (apoio sobre o modelo).

05 ANÁLISE DOS ENSAIOS, COMPARAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

O critério utilizado para obtenção das cargas de ensaio foi baseado na fissuração apresentada pelos modelos ensaiados. Os valores das cargas de ensaio foram classificados de acordo com o seguinte procedimento:

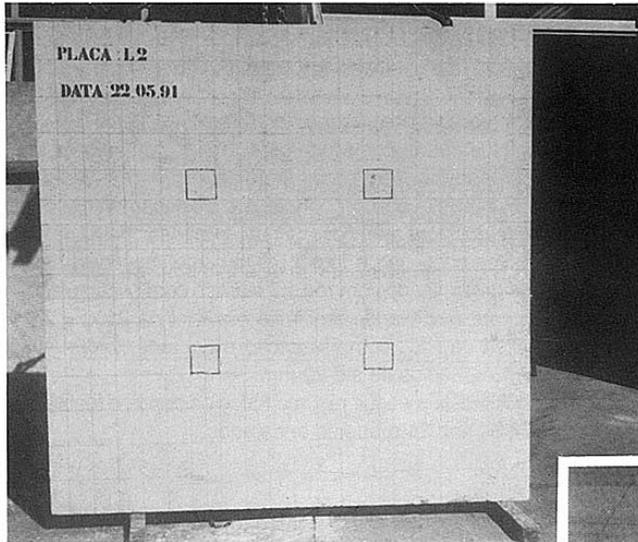
- PE₁: Carga medida quando do aparecimento da primeira fissura (abertura w_k entre 0,05 e 0,1 mm).
- PE₂: Carga medida quando, dentro de um panorama geral da fissuração, uma das fissuras atingiu abertura da ordem $w_k = 0,3$ mm.
- PE₃: Carga medida, fora do regime normal de utilização das estruturas, com fissuração excessiva (abertura w_k com valores acima de 0,5 mm) e deslocamentos exagerados (com valores acima de 10 mm).

Nos casos dos Modelos 4, 8 e 12, os valores de PE₃ correspondem ao rompimento da seção transversal.

Com relação ao controle dos deslocamentos, é importante destacar que, para cargas aplicadas abaixo de PE₂, os valores encontrados foram ligeiramente superiores aos teóricos determinados em regime elástico com seção plena, mas sempre respeitando um limite razoável de $l/300 = 7,7$ mm. Acima de PE₂, com fissuração exagerada, foram atingidos deslocamentos de até 20 mm.

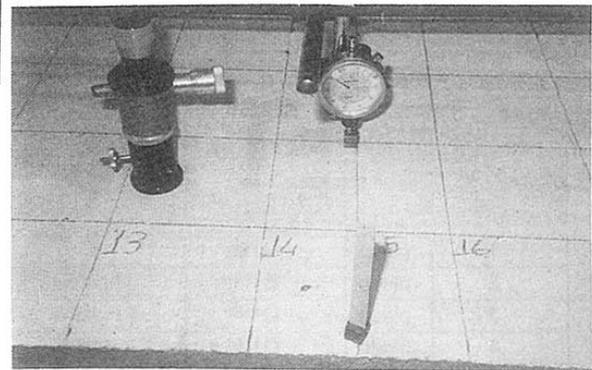
A tabela a seguir resume todos os dados e resultados relativos aos 24 modelos ensaiados.

Modelo	Tipo	Armadura Tela	Emendas	Cargas Totais (KN)				Tipo de Ruptura
				Teórica (Pk)	Ensaio			
					PE ₁	PE ₂	PE ₃	
1	placa	Q196	-	39,72	35,4	46,0	52,9	escoamento aço
2	placa	Q196	3 malhas	39,72	41,5	51,0	62,9	escoamento aço
3	placa	Q196	2 malhas	39,72	43,0	48,9	60,2	escoamento aço
4	placa	Q196	1 malha	39,72	41,0	48,0	56,4	ruptura da seção
5	placa	Q335	-	58,48	46,0	56,9	64,5	escoamento aço
6	placa	Q335	3 malhas	58,48	46,0	61,0	72,6	escoamento aço
7	placa	Q335	2 malhas	58,48	44,0	58,0	67,1	escoamento aço
8	placa	Q335	1 malha	58,48	42,3	55,8	65,7	ruptura da seção
9	barra	Q138	-	6,32	9,0	9,7	11,0	escoamento aço
10	barra	Q138	3 malhas	6,32	8,8	9,8	10,0	escoamento aço
11	barra	Q138	2 malhas	6,32	8,2	9,6	11,1	escoamento aço
12	barra	Q138	1 malha	6,32	6,8	9,1	10,6	ruptura da seção
13	barra	Q283	-	10,42	10,3	15,0	18,9	escoamento aço
14	barra	Q283	3 malhas	10,42	10,1	12,5	17,7	escoamento aço
15	barra	Q283	2 malhas	10,42	10,2	12,7	15,2	escoamento aço
16	barra	Q283	1 malha	10,42	9,5	11,7	14,3	escoamento aço
17	barra	Q335	-	9,02	12,5	16,5	20,1	escoamento aço
18	barra	Q335	3 malhas	9,02	12,3	16,1	18,9	escoamento aço
19	barra	Q335	2 malhas	9,02	11,7	16,0	17,3	escoamento aço
20	barra	Q335	1 malha	9,02	13,5	16,0	20,9	escoamento aço
21	barra	QA785	-	32,96	20,7	36,1	42,8	escoamento aço
22	barra	QA785	3 malhas	32,96	20,0	36,0	46,2	escoamento aço
23	barra	QA785	2 malhas	32,96	17,0	34,5	43,3	escoamento aço
24	barra	QA785	1 malha	32,96	18,0	35,0	37,2	escoamento aço



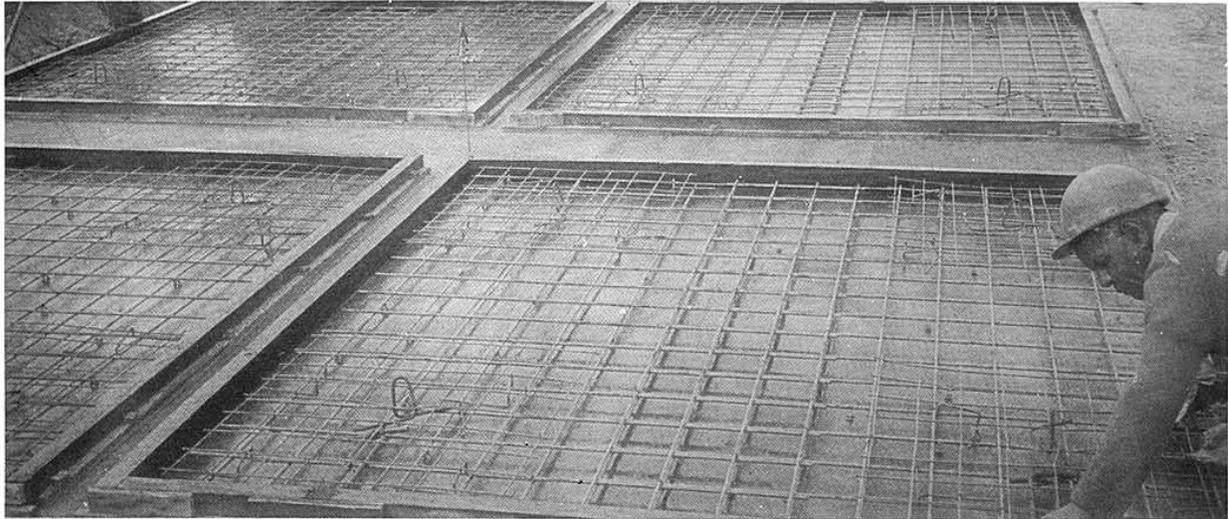
Modelo identificado e preparado para o ensaio no Instituto Tecnológico Mackenzie.

Modelo sendo ensaiado. Destaque para o relógio comparador, para o micrômetro ótico e para as fissuras $w_k \leq 0,3 \text{ mm}$

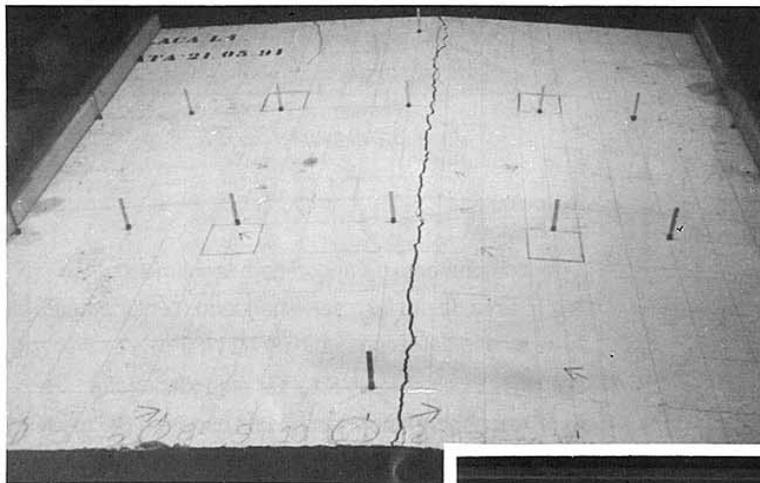


Comentários

- 01** - O comportamento dos modelos, dentro dos limites de utilização das estruturas (fissuras com aberturas $w \leq 0,3 \text{ mm}$ e pequenos deslocamentos), foi muito semelhante, tanto no aspecto fissuração como nos deslocamentos.
- 02** - O comportamento dos modelos, fora do regime de utilização das estruturas (fissuras com aberturas $w_k \leq 0,3 \text{ mm}$ e deslocamentos maiores que 10 mm), também apresentou aspectos semelhantes de fissuração e deslocamentos. A ruptura dos modelos, na maioria dos casos, ocorreu de forma convencional, com escoamento da armadura. Apenas 3 peças, as de número 4, 8 e 12, tiveram ruptura total de seção transversal, ocasionada pelo escorregamento da armadura na posição da emenda constituída, nos três casos, por sobreposição de apenas uma malha. No processo ocorreu, na região das emendas, a ruptura por cisalhamento das soldas do fio transversal. Ainda nos modelos 4, 8 e 12 foram observadas duas fissuras bem determinadas, posicionadas nas extremidades da emenda, enquanto que nos modelos da mesma família (números 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10 e 11), as fissuras não seguiram posições tão rigorosas.
- 03** - Ainda com relação ao panorama de fissuração, constatou-se que as fissuras se distribuem, de modo aproximadamente uniforme, ao longo de toda a extensão dos modelos entre os pontos de aplicação da carga, exceto na região da emenda (sobreposição das telas com 1, 2 ou 3 malhas), onde as fissuras apresentaram aberturas muito reduzidas ou simplesmente não existiram.
- 04** - De modo geral, as cargas de ensaio que provocaram fissuração com abertura de até $w_k = 0,3 \text{ mm}$, atingiram valores da ordem de 30% (em média) superiores aos das cargas previstas teoricamente (valores característicos). Na ruptura (convencional ou efetiva), estes valores chegaram a 55% (em média).

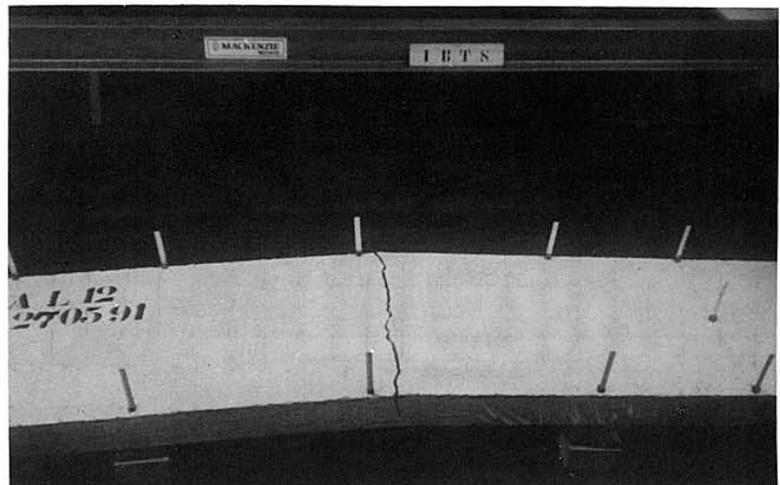


Execução dos modelos: placas quadradas.



Modelo (n° 4) com ruptura efetiva da seção transversal, na extremidade da emenda.

Modelo (n° 12) com ruptura efetiva da seção transversal, na extremidade da emenda quando ultrapassou a carga de ensaio.



06 RELATÓRIO CONCLUSIVO

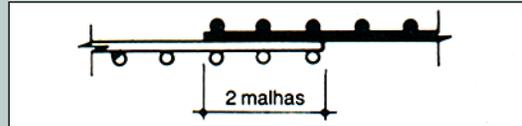
6.1 Recomendações Finais

Este trabalho, da maneira como foi conduzido, permite as seguintes conclusões:

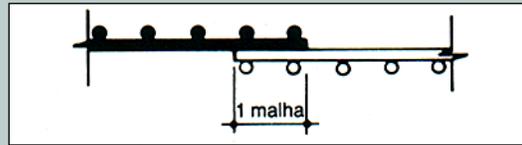
- a) O comportamento dos modelos, nas quatro condições ensaiadas (sem emendas e com emendas de sobreposições de 3, 2 e 1 malhas), dentro do regime de utilização normal das estruturas, é muito semelhante nos aspectos fissuração e deslocamentos.
- b) Em condições fora do regime de utilização normal das estruturas, com fissuração excessiva (abertura de fissuras w_k acima de 0,5 mm) e deformações exageradas (deslocamentos acima de 10 mm), os modelos também se comportaram semelhantemente, exceto os modelos número 4, 8 e 12, com emendas de apenas 1 malha, que sofreram ruptura efetiva ocasionada pelo escorregamento da tela na posição da emenda.
- c) As cargas de ensaio foram, em média, superiores às previstas tanto para os estados de utilização (fissuração com $w_k \leq 0,3$ mm) como para solicitações de ruptura (convencional ou efetiva). Os modelos ensaiados são todos sub-armados, indicando assim que as rupturas dar-se-iam por escoamento das armaduras. Nas ocorrências de rupturas efetivas da seção transversal (modelos 4, 8 e 12), pode-se concluir que, efetivamente, a ruptura ocorreu por escorregamento das telas na emenda.

As conclusões acima e a experiência internacional comentada no item 02 - retro, permitem que sejam feitas as recomendações finais para as emendas das telas soldadas em lajes.

Emendas para armaduras principais: Para telas soldadas com fios de diâmetro até 8 mm, usa-se sobreposição de 2 malhas.



Emendas para armaduras de distribuição: Usa-se sobreposição de apenas 1 malha.



Preferencialmente, os fios emendados devem estar no mesmo plano.

Emendas para armaduras principais com fios maiores que 8 mm: como sugestão, para determinação do comprimento da emenda, indica-se a expressão do ACI 318-77, com algumas adaptações a seguir detalhadas:



Expressão para cálculo de comprimento da emenda, transformada para as unidades utilizadas em nosso meio técnico ($\phi > 8$ mm):

$$l_d = 3,219 \times A_w f_y / S_w \sqrt{f'_c}$$

$$\frac{A_{s_i} \text{ calculada}}{A_{s_i} \text{ adotada}} = 1$$

l_d = comprimento de ancoragem (centímetros)

A_w = área de um fio a ser emendado (centímetros)²

f_y = tensão de escoamento do aço (MPa)

S_w = espaçamento do fio a ser emendado (centímetros)

f'_c = resistência à compressão do concreto (MPa)

Comprimento da emenda = $1,5 l_d \geq 25$ cm

Exemplo: Determinar o comprimento da emenda a ser utilizada para a tela QA 785, com concreto $f_{ck} = 21$ MPa.

$$l_d = 3,219 \times 0,785 \times 50010 \times \sqrt{21} = 27,57$$

Comprimento da emenda = $1,5 \times 27,57 = 41,36$ cm > 25 m

Comentários

- i. As telas aqui consideradas são as fabricadas no Brasil, com fios simples e lisos. Nas emendas especificadas e ensaiadas A_s , calculada = A_s , adotada.
- ii. As recomendações acima se aplicam em situações de boa aderência, e para solicitações estáticas.
- iii. As emendas com área de até 12,5 cm²/m podem ser feitas em uma única seção. Para áreas maiores, deve ser estudado um detalhamento adequado.

07 FICHA TÉCNICA

- **INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS (IBTS):** Patrocínio e coordenação
- **STATURA ENGENHARIA DE PROJETOS S/C LTDA (Eng. Luiz Cholfe):** Projeto, especificações e acompanhamento
- **INSTITUTO TECNOLÓGICO MACKENZIE (ITM):** Ensaio e controle tecnológico
- **TANGRAM PRÉ-FABRICADOS:** Confecção dos modelos

O Boletim Técnico foi editado em 3a. edição em maio 97 pelo Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (R. Cardoso de Almeida, 313 conj. 123 - TEL (011) 3826.5954 - CEP 05013-000 - São Paulo - SP).

Conselho Editorial: Engenheiros Luiz Rodolfo Araújo de Moraes Rêgo e João Batista Rodrigues da Silva.

Redação: Edita Assessoria de Imprensa e Promoções Ltda. Rua Doutor Amâncio de Carvalho, 413 - V. Mariana - TEL/FAX (011) 572.6775 / 575.3934 - São Paulo - SP

Editora: Zaira Barros (Mtb 8989)

Revisão: Bia Ferreira (Mtb 17926)

Projeto Gráfico e Diagramação: Victor F. Marcillo

IBTS - Instituto Brasileiro de Telas Soldadas

Rua Cardoso de Almeida, 313 conj. 123

CEP 05013-000 - São Paulo - SP

Tel: 11 3826-5954 - 3826-9804 - Fax: 3663-6558

www.ibts.org.br

[www. **ibts** .org.br](http://www.ibts.org.br)