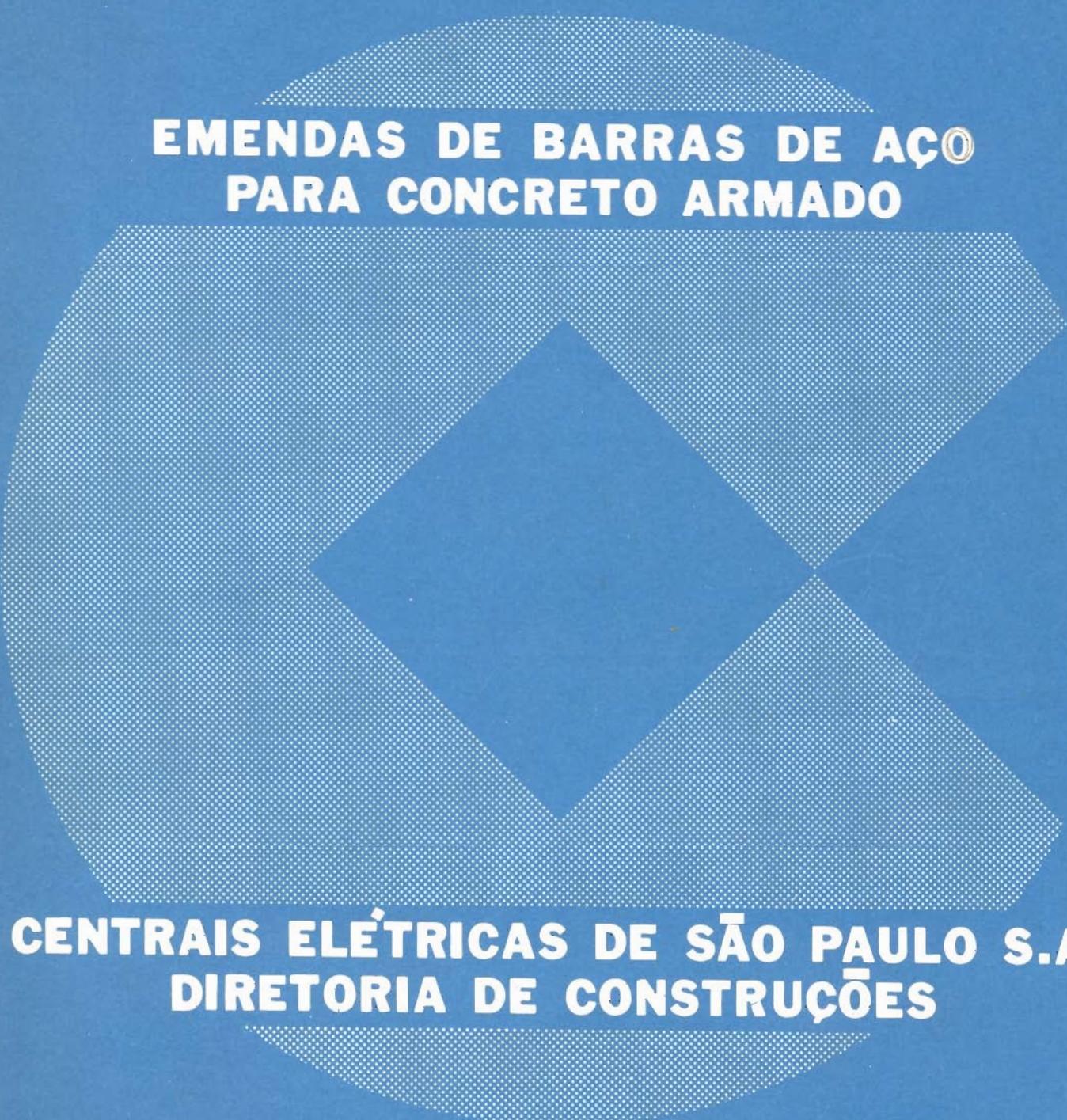


5



**EMENDAS DE BARRAS DE AÇO
PARA CONCRETO ARMADO**

**CENTRAIS ELÉTRICAS DE SÃO PAULO S.A.
DIRETORIA DE CONSTRUÇÕES**

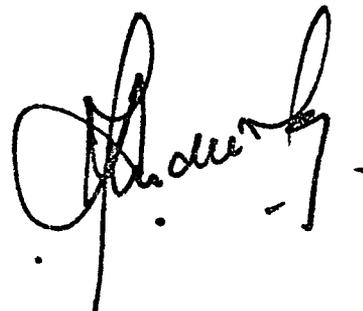
MARÇO / 75

X SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS

CURITIBA

ABRIL

1.975



EMENDAS DE BARRAS DE AÇO
PARA CONCRETO ARMADO

TEMA : IV

X SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS

AUTOR - Francisco Rodrigues Andriolo *

TÍTULO - EMENDAS DE BARRAS DE AÇO PARA CONCRETO
ARMADO.

RESUMO - Neste trabalho fazemos uma descrição e análise - dos vários tipos de emendas de barras de aço para concreto armado.

São apresentados alguns resultados de ensaios - efetuados no Laboratório de Concreto em Ilha Solteira para controle de emendas de barras, nas várias Obras da CESP. São feitos comentários sobre o comportamento das emendas.

Comentamos também a respeito dos requisitos mínimos que as emendas devem obedecer, o que nos permitiu sugerir um método para controle das emendas.

* Eng^o Chefe do Setor de Laboratórios de Ilha Solteira.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à CENTRAIS ELÉTRICAS DE SÃO PAULO S/A - CESP em especial à Diretoria de Construções, pelo incentivo recebido na elaboração deste trabalho e também ao corpo técnico do Setor de Laboratórios de Ilha Solteira, responsável pela elaboração e compilação dos dados apresentados.

1 - INTRODUÇÃO

1.a - GENERALIDADES:

Neste trabalho fazemos uma análise dos vários tipos de emendas de barras de aço para concreto armado.

São apresentados alguns resultados de ensaios efetuados no Laboratório de Concreto, em Ilha Solteira.

Alguns resultados fornecidos referem-se ao controle efetuado para a Obra da Usina de Ilha Solteira, e outros, para as demais obras da CESP em andamento (Capivara, Promissão).

Comentamos também a respeito dos requisitos mínimos adotados para controle, e também a respeito à especificação do A.C.I. Building Code, (ACI-318.63).

São fornecidos valores de ensaio de verificação da qualidade de eletrodos.

1.b - NECESSIDADES:

A emenda nas barras de aço para concreto armado é um imperativo inicialmente de ordem prática, e posteriormente de importância econômica.

A necessidade de ordem prática advém das dimensões das peças de concreto, atualmente em uso, e do, "comprimento usual das barras que é de 11 m, com tolerância de $\pm 9\%$..." (item 3.1 da EB-3.71).

Um comprimento maior das barras, estaria condicionado à um sistema de transporte para a obra, e na obra, mais especializado, e logicamente mais caro. Não se deixando também de ressaltar a alteração do esquema de laminação do fornecedor (principalmente em bitolas grandes).

A parte econômica é beneficiada não só pela não alteração dos sistemas normais de laminação e transporte - mas também pela possibilidade do aproveitamento de "pontas", o que reduz a perda (sucata).

1.c - FINALIDADES:

As emendas tem por finalidade dar continuidade na transmissão dos esforços nas armaduras, dando-se desta forma, condições de considerar a estrutura como monolítica.

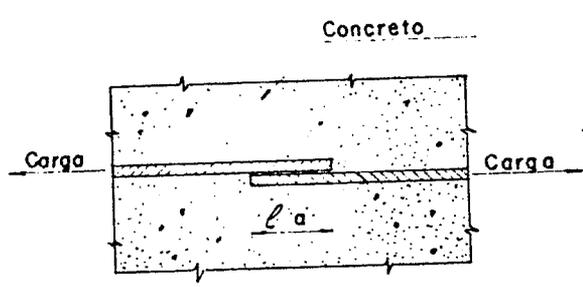
2 - MÉTODOS DE EMENDAS

Há vários tipos de emendas em barras de aço para concreto armado, e que citamos adiante.

Os cuidados maiores são tomados sôbre as emendas de barras que serão submetidas à tração.

2.a - EMENDAS POR TRANSPASSE (JUSTAPOSIÇÃO).

Com esse tipo de emenda os esforços nas barras são transmitidos por aderência. Prevê-se, então, um determinado comprimento da barra de modo que a mesma fique ancorada no concreto. A figura 1.a ilustra uma emenda por justaposição. A figura 1.b mostra uma situação que deve



l_a = Comprimento de ancoragem

Fig. 1a - EMENDA POR TRANSPASSE

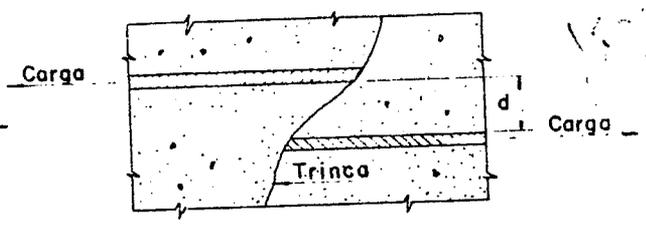


Fig. 1b - SITUAÇÃO QUE DEVE SER EVITADA

ser evitada, pois uma distância muito grande entre as barras, poderá ocasionar uma fissura na peça. Esse distanciamento poderá ocorrer durante a concretagem. Um procedimento que diminui esse risco, é a fixação das barras através de arame, como mostra a figura 2.

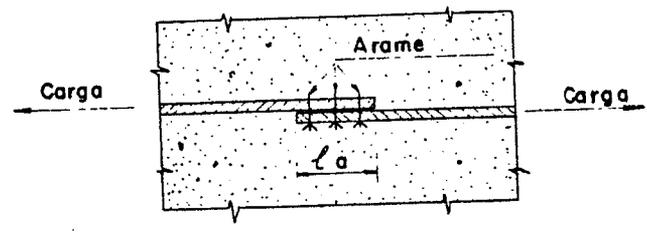


Fig. 2 - PROCEDIMENTO ADEQUADO

No item 10 do anexo 1 da EB-3 temos:

... "Nas emendas por justaposição o seu comprimento será no mínimo igual ao comprimento de ancoragem - reta definido no item 8, colocando-se armadura de costura, segundo o disposto no item 9, se se tratar de armadura de tração..."

E no item 8 temos:

... "O cálculo do comprimento de ancoragem das barras de armadura de tração será efetuado tomando-se como base a hipótese de que a resistência ao deslizamento da barra é igual à soma de duas parcelas:

a) Aderência, em todo o comprimento de ancoragem admitindo-se que a tensão média de aderência, na ocasião da ruptura, é igual a σ_r ;

b) Atrito, nas partes curvas, admitindo-se que o coeficiente de atrito do aço e o concreto é igual a 0,4.

O comprimento de ancoragem reta (sem ganchos) das barras da armadura de tração é dado pela fórmula

$$l_a = \left(\frac{1}{4} \times \frac{\sigma_e}{\sigma_r} \right) \phi = \frac{1}{3\eta} \frac{\sigma_e}{\sigma_t} \phi, \text{ para concretos com } \sigma_r \leq 180 \text{ kg/cm}^2, \text{ poder-se-á tomar}$$

$$l_a = \frac{10 \times \sigma_e \times \phi}{3\eta \sigma} \dots". \text{ Sendo:}$$

σ_r = Tensão mínima de ruptura do concreto a compressão simples.

η = Coeficiente de aderência do aço.

l_a = Comprimento de aderência.

σ_e = Tensão de Escoamento do aço.

σ_r = Tensão de Ruptura da aderência.

σ_t = Tensão mínima de ruptura do concreto à tração simples.

Temos ainda, no item 49 da N.B. 1, o seguinte:

... "Nas emendas por justaposição o seu comprimento será no mínimo igual ao comprimento de ancoragem definido no item 45. Além disso, salvo o caso de armaduras exclusivamente de compressão, as barras terão sempre ganchos em suas extremidades. Esse tipo de emendas não pode ser executado em tirantes e pendurais, nem em barras de diâmetro maior que 26 mm"...

Observa-se que as restrições se fazem, não só quanto ao local de aplicação, mas também quanto a bitola.

Tendo-se em vista que o "comprimento de ancoragem" é uma parte a mais da barra a ser considerada no -

†

preço, deve-se ponderar quanto a utilização de tal tipo de emenda.

Outro fato que limita a utilização dessa emenda, é a diminuição do espaçamento entre barras, nas peças onde se utilize uma taxa alta de armadura, dificultando então o lançamento e a vibração do concreto.

A verificação da qualidade desse tipo de emenda, pode ser feita através de ensaios de aderência.

2.b - EMENDAS POR SOBREPOSIÇÃO, COM DEPOSIÇÃO DE ELETRODOS.

Essa emenda, é um dos vários tipos utilizados, através da soldagem, depositando-se material.

Essa emenda é semelhante a aquela feita por transpasse, somente que a transmissão dos esforços é feita pelo material depositado na soldagem, e não por aderência concreto \pm aço.

Na figura 3.a, podemos observar esse tipo de emenda.

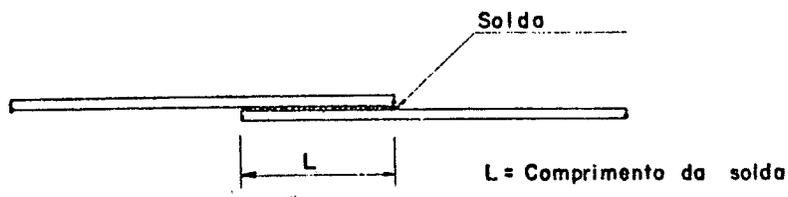


Fig. 3a - EMENDA POR SOBREPOSIÇÃO



Fig. 3b - EMENDA POR SOBREPOSIÇÃO, APÓS APLICAÇÃO DE CARGA

Dentre as emendas soldadas, esta é a menos indicada, pois, quando a emenda é solicitada a excentricidade das barras causa um encurvamento, como se mostra na figura 3.b e é exemplificado nitidamente em 3.c. Sendo o comprimento de solda (nota 1) razoavelmente pequeno, a distorção tende a cisalhar o concreto. Esse tipo de emenda torna-se ainda mais inadequado quando se utiliza barras de grandes bitolas. No caso em que tais emendas são necessárias, para barras de grandes diâmetros, deve-se colocar armadura transversal à barra, afim de minimizar a possibilidade do cisalhamento.

NOTA 1 - O comprimento de solda pode ser determinado através de ensaios, como será visto mais a frente.

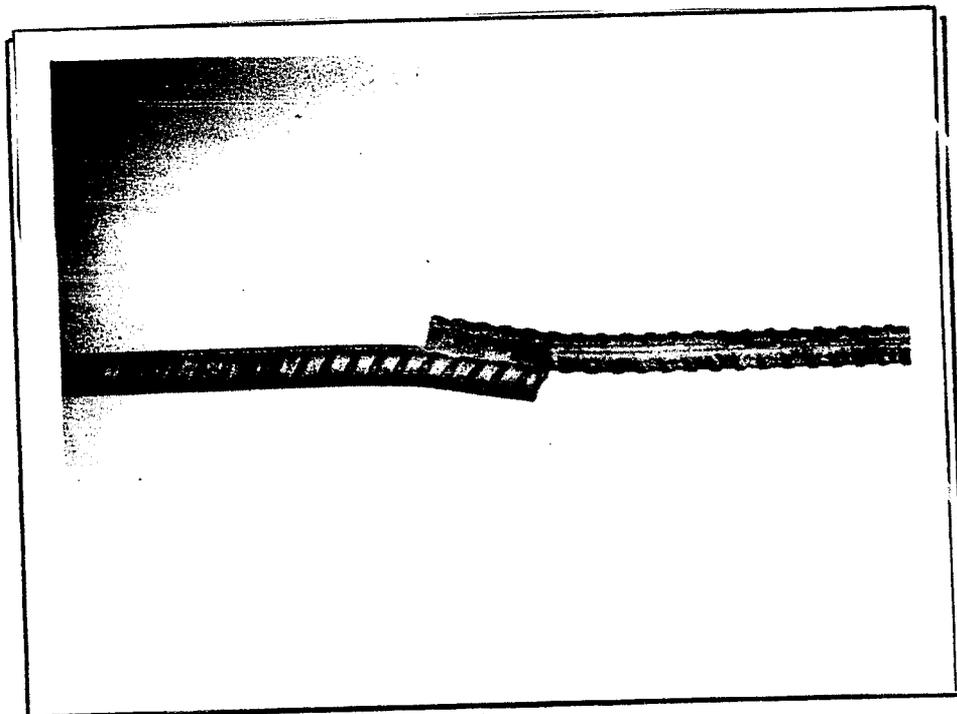


Fig. 3.c - Emenda Após Solicitação, onde se observa o deslocamento na emenda. Este fato poderá ocasionar cisalhamento do concreto.

2.c - EMENDAS POR DUPLA SOBREPOSIÇÃO OU COBREJUNTA:

Esse tipo de emenda também é feita por deposição de eletrodos, e é um melhoramento da emenda por sobreposição (item 2.b), pois os esforços são transmitidos axialmente.

A figura 4.a nos mostra a emenda por dupla sobreposição, básica, e sua variação utilizando-se um perfilado.

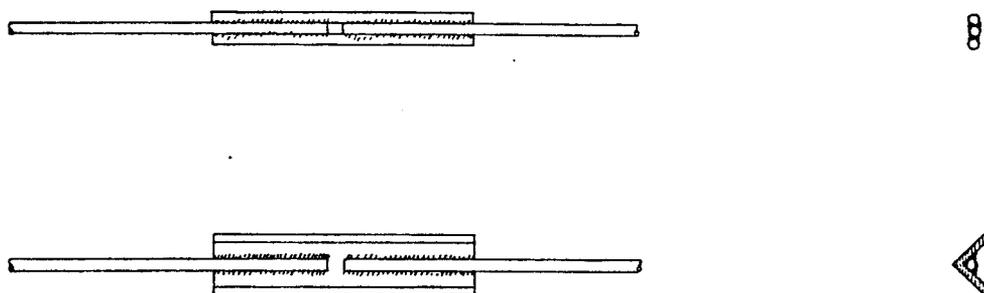


Fig. 4a - EMENDA POR DUPLA SOBREPOSIÇÃO

Dentre os 2 tipos apresentados na figura 4.a o mais prático e mais econômico é o que utiliza "tarugos", de barras. Isto porque pode-se aproveitar as pontas de barras, que seriam "perdas", não havendo necessidade da introdução de um outro material, como o perfilado (canto neira).

As fotografias das figuras 4.b e 4.c ilustram dois procedimentos de solda com cobrejunta, sendo que o tipo da 4.c deve ser evitado, por analogia ao mostrado pela figura 3.c.

Na Obra da Usina de Ilha Solteira, esse tipo de junta é empregado, na emenda de barras que ficam na "espera" de outro lance de concretagem. Tal tipo de emenda

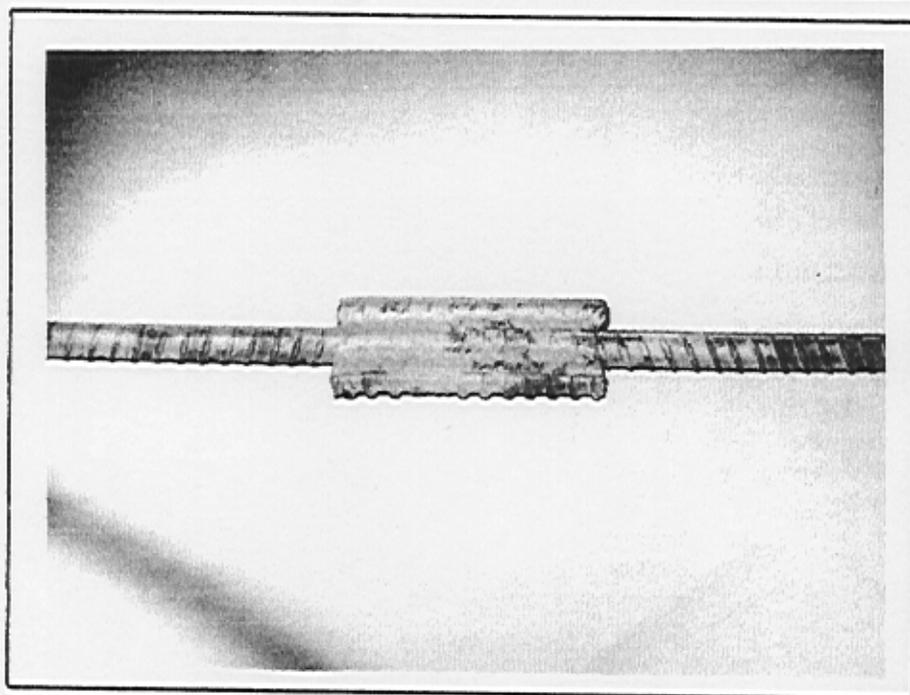


Fig. 4.b - Dupla Sobreposição

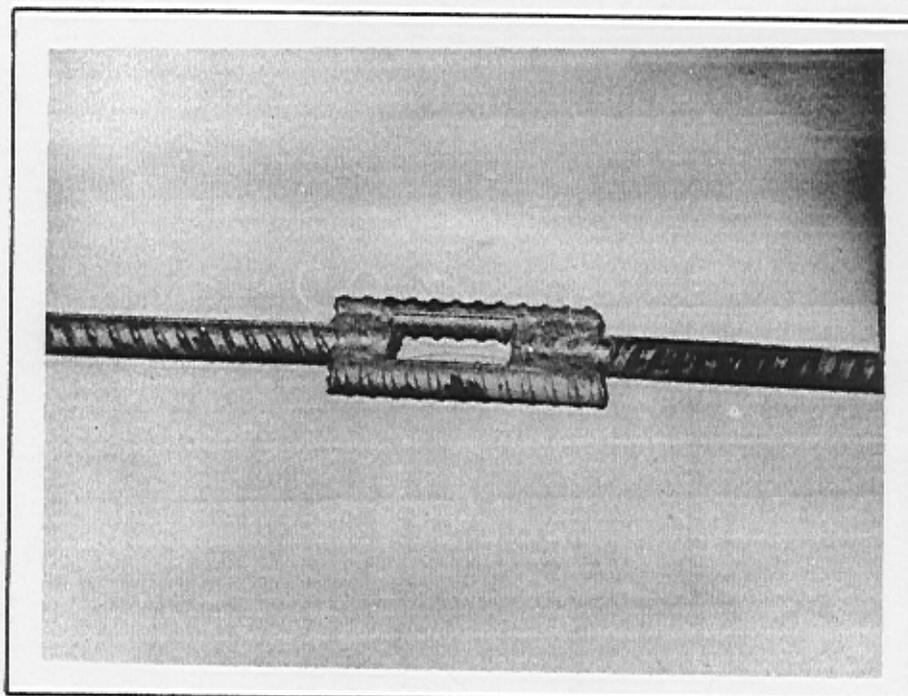


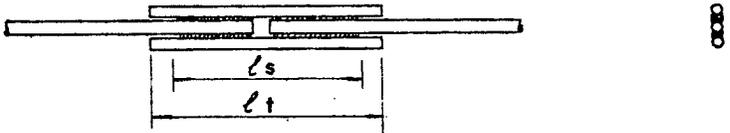
Fig. 4.c - Dupla Sobreposição a ser Evitada, para não ocorrerem grandes deformações.

da, é vulgarmente conhecida como "solda Bacalhau".

Para a utilização de tal tipo de emenda em Ilha Solteira, foram executados ensaios afim de se determinar o mínimo cordão de solda a ser usado, como se sugere no item 11 do anexo 1 da EB-3:

..."A eficiência do processo e a qualidade da solda devem ser comprovadas experimentalmente, para barras de qualquer categoria".

Através de ensaios onde se determinou o comprimento mínimo da costura de solda que resultava na ruptura da emenda por tração, e usando-se durante a aplicação no campo, um comprimento 1,5 a 2,0 vezes maior, afim de cobrir quaisquer variações, pode-se utilizar dos valores apresentados na figura 5.



CATEGORIA	ϕ mm	ϕ TARUGO mm	l_t cm	l_s cm	Nº DE ELETRODO DE $\phi \approx 5$ mm
2 4	20	16	10	5	1
5 0	20	16	15	10	2
2 4	25	20	15	10	2
5 0	25	20	20	15	4 4 (10)
2 4	32	25	20	15	4
5 0	32	25	25	20	6 8 (12)
2 4	40	32	20	15	6 10

Fig 5 - DIMENSÕES DO CORDÃO DE SOLDA PARA BARRAS

..."As emendas com solda de barras encruadas serão feitas com cuidados especiais, de modo a evitar-se aquecimento prejudicial, e ficando sujeitas a controle rigoroso por ensaios em Laboratório idôneo. Será proibido, para essas barras, o emprego de maçarico para formação de chanfros"... (Item 11 anexo 1 da EB-3).

Porém, os cuidados especiais não devem ser tomados apenas quando da emenda de barras encruadas, mas tam

bém quando o aço é de categoria que possua teores mais elevados de carbono e manganês, como o CA-50-A, por exemplo.

Para tanto, poderão ser adotados os procedimentos recomendados pela A.W.S. (American Welding Society) através das "Recommended Practices for Welding Reinforcing Steel", que citamos abaixo:

"Afim de usar as recomendações citadas é necessário que se possuam dados quanto a composição química das barras a serem soldadas. Essa análise química servirá de orientação quanto aos teores de carbono e manganês. As propriedades mecânicas deverão ser comparadas com as especificadas.

- Barras que possuam teor de carbono menor que 0,30% e manganês menor que 0,60%, poderão ser soldadas com qualquer tipo de eletrodo. O pré-aquecimento não é necessário, exceto quando a temperatura ambiente for menor que -12°C . Nesse caso o ponto da emenda deverá ser aquecido à temperatura superior a 37°C . Antes da soldagem esse mínimo de temperatura deverá ser mantido, através de sucessivos passes.

- Barras, nas quais o teor de carbono está entre 0,31% e 0,35% inclusive, e o manganês não mais que 0,90%, deverão ser soldadas com eletrodos de "Baixo Hidrogênio". Qualquer outro eletrodo poderá ser usado através do aquecimento à 37°C .

- Barras, nas quais o teor de carbono está entre 0,36% e 0,40% inclusive, e o manganês não mais que 1,30%, deverão ser soldadas com eletrodos de "Baixo Hidrogênio", através de pré-aquecimento na região da emenda, acima de 90°C .

- Barras que possuam teor de carbono entre 0,41% e 0,50% inclusive, e o manganês não mais que 1,30%, deverão ser soldadas com eletrodos de "Baixo Hidrogênio", com pré-aquecimento não inferior à 200°C .

- Barras que possuam carbono entre 0,51% e 0,80% inclusive e o manganês abaixo de 1,30% poderão ser emendadas por outro processo, desde que seja qualificado.

Onde se requer pré-aquecimento, ele deve ser feito de tal modo que a superfície, na qual será depositado o metal, esteja garantidamente na temperatura especificada."

Na Obra de Ilha Solteira, aços CA-50A com carbono ao redor de 0,52% e manganês próximo a 1,30%, foram soldados com deposição de metal de eletrodos, empregando-se um pré-aquecimento ao redor de 200°C. O pré-aquecimento foi efetuado com auxílio de "Maçarico Chuveiro", e o controle da temperatura foi realizado através de "lâpis de temperatura" (Tempilstik).

Um outro procedimento que melhora a qualidade da solda assim efetuada é o "alívio de tensões", para evitar os "repuxos" da solda. Esse "alívio" é feito por um pós aquecimento, da região da solda, ao redor de 650°C, evitando-se o resfriamento brusco.

Outro detalhe que auxilia na soldagem, principalmente das barras com altos teores, é o selecionamento do soldador. Deixando-se operar somente aqueles que forem aprovados por soldas-seleção.

Quando tais aços não são soldados com os procedimentos acima descritos, normalmente a ruptura por tração se localiza na região da transição da solda e cobre junta para a barra principal. As fotografias das figuras 6, nos mostram esse detalhe.

Quando essas barras são soldadas sem aqueles cuidados, obtêm-se valores de tensão de ruptura muito baixo e dispersos.

No quadro da figura 7 fornecemos a média de várias amostras soldadas sem os cuidados adequados, bem como o desvio padrão e coeficiente de variação. Comparativamente tem-se a média dos valores de tensão de ruptura de soldas devidamente executadas.

$$0,52\% + \frac{1,3}{6} =$$

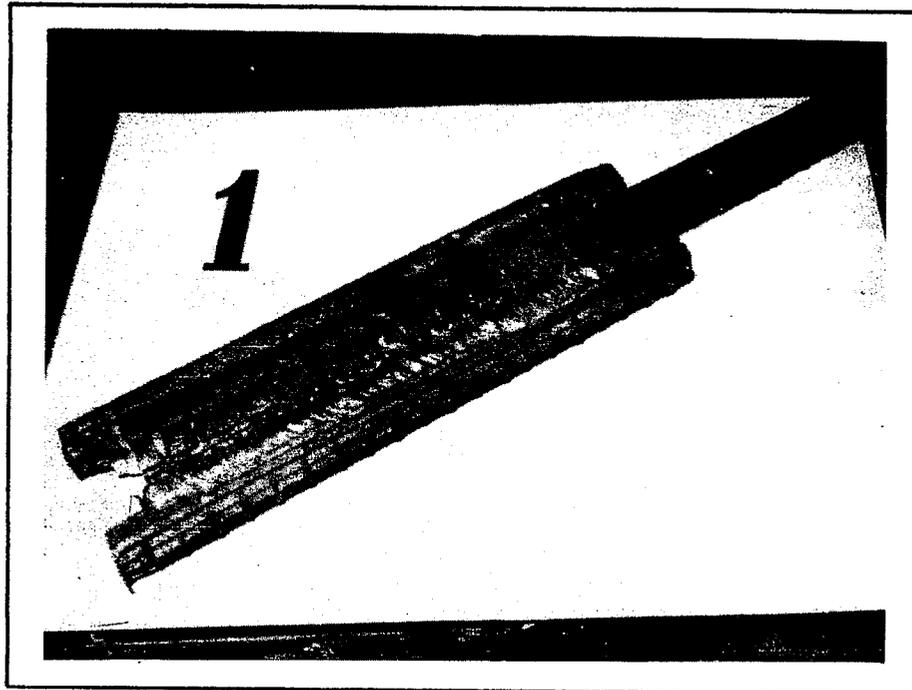


Fig. 6.a - Ruptura na Transição CA-50A.

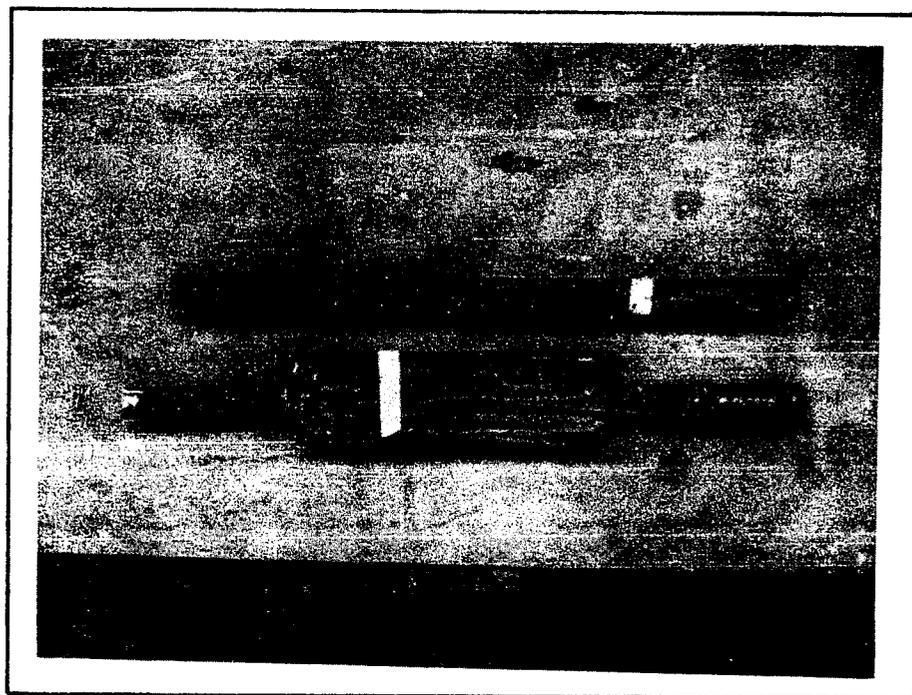


Fig. 6.b - Ruptura na Transição CA-50B.

AÇO CATEGORIA	CUIDADO NA SOLDAGEM	Nº DE ENSAIOS	LOCAL DE RUPTURA	TENSÃO DE RUPTURA (média) kg/mm ²	DESVIO PADRÃO kg/mm ²	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO %
CA-50-A Ø 32 mm	NENHUM	70	100 % NA TRANSIÇÃO	49	11,8	23,6
CA-50-A Ø 32 mm	PRÉ-AQUECIDA À ≈ 200°C, COM ALÍVIO DE TENSÕES À 650°C E RES- FRIAMENTO LENTO	26	35% NA TRANSIÇÃO 65% FORA DA SOLDA	65	9,6	14,7

Fig. 7

2.d - EMENDAS POR SOLDAGEM DE PONTOS:

É a conexão de barras sobrepostas, através de pequenos arcos de solda, chamados "Pontos de Solda". Embora sejam feitas com os procedimentos normalmente recomendados, não são muito empregadas, por causarem alterações metalúrgicas, e posterior alteração da resistência das barras, muito usado na confecção de "malhas".

Como exemplo podemos citar as Telas Telcon.

2.e - EMENDA TÔPO A TÔPO ATRAVÉS DE DEPOSIÇÃO DE METAL DE ELE-TRODO.

Dentre as emendas soldadas é uma das mais comuns.

As figuras 8.a e 8.b, bem como as fotografias da figura 9.a e 9.b, mostram os vários modos de soldagem topo a topo, por deposição de metal.

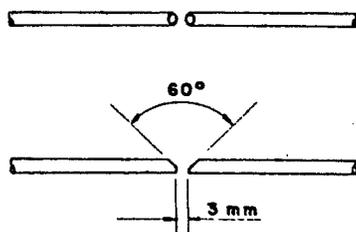


Fig. 8a - PARA $\phi \leq 25$ mm

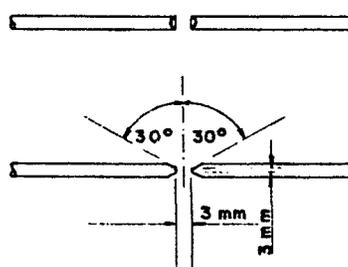


Fig. 8b - PARA $\phi > 25$ mm

Com esse tipo de emenda os esforços são transferidos direta e concêntricamente através da solda, constituindo uma emenda que é compacta e eficiente.

O detalhamento dos "chanfros" a serem empregados depende principalmente do diâmetro da barra. Para barras com diâmetro menor que 25 mm pode-se utilizar de bisel simples como o mostrado na figura 8.a. Para barras com bitola maior que 25 mm utiliza-se o duplo bisel.

O diâmetro do bolêto da solda pode ser dimensionado e/ou verificado através de ensaios de tração. A fotografia 9.c ilustra uma ruptura por insuficiência de área do bolêto.

Quando se tratar de aços encruados (tipo CA-50B), bem como aços com teores altos de carbono e manganês, aconselha-se observar as recomendações citadas em 2.c.

No quadro da figura 10 são fornecidos resultados de ensaios de tração realizados sobre tal tipo de emenda, em aços CA-50-A, $\phi = 32$ mm.

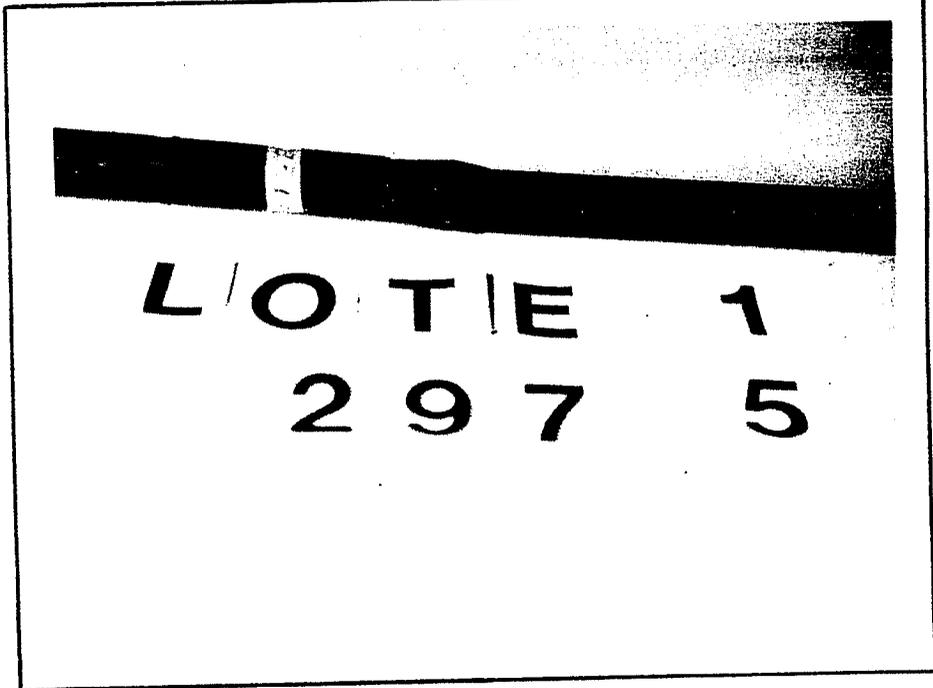


Fig. 9.a - Topo a Topo com Eletrodo

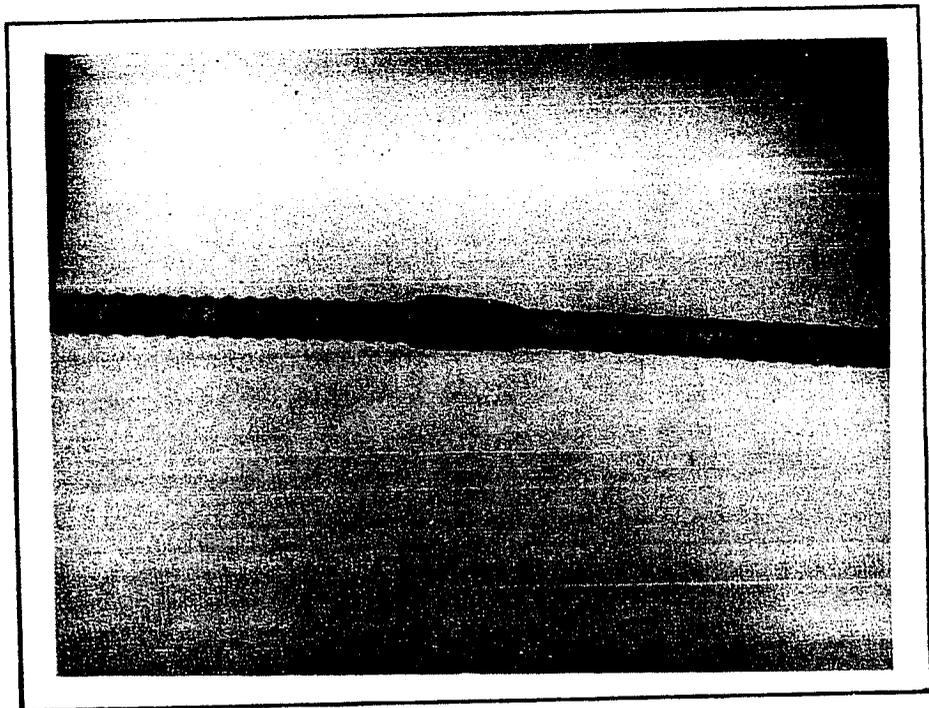


Fig. 9.b - Topo a Topo com Eletrodo



Fig. 9.c - Topo a Topo com Eletrodo, mostrando a insuficiência do bolêto.

Como normalmente os cordões ou boletos de solda, são superdimensionados, não se especifica o tipo ou qualidade do eletrodo. Porém, o laboratório realizou ensaios de verificação dos característicos mecânicos, de vários Eletrodos. Os valores obtidos, bem como a descrição dos ensaios podem ser vistos no anexo III.

AMOSTRA Nº	TENSÃO DE RUPTURA kg/mm ²	LOCAL DE RUPTURA	AMOSTRA Nº	TENSÃO DE RUPTURA kg/mm ²	LOCAL DE RUPTURA
11298	58,9	na solda	12756	59,9	na solda
11299	57,9	na solda	12757	59,2	na solda
11300	60,6	na solda	12758	52,6	na solda
11301	55,3	na solda	12759	56,7	na solda
11302	65,8	na solda	12760	58,4	na solda
11303	75,5	na solda	12761	52,1	na solda
11304	63,8	na solda	12762	61,0	na solda
11305	62,4	na garra	12763	59,2	na solda
11306	65,0	na solda	12764	54,9	na solda
11307	56,0	na solda	12765	59,4	na solda
MÉDIA			60,2		—

Fig. 10 — VALORES DE EMENDAS TOPO A TOPO COM ELETRODOS

2.f - EMENDAS TOPO A TOPO POR FUSÃO:

Esse é o sistema chamado "Thermit Welding Process da Thermex Metallurgical, Inc. Lakehurst N.J.". É um processo de emenda topo a topo, na qual as extremidades são soldadas por fusão. As barras são alinhadas por um sistema de presilhas colocadas entre elas. Na junção das barras, coloca-se um molde refratário, com vedação geralmente de asbesto. Através de cavidade são colocados pó exotérmicos. E através de ignição inicia-se uma fundição dos materiais colocados, dando-se origem a certa quantidade de aço fundido. E por conseguinte a realização da emenda.

Na fotografia da figura 11, vê-se uma emenda realizada por esse processo.

Esse sistema é muito empregado na emenda de barras de grande diâmetro.

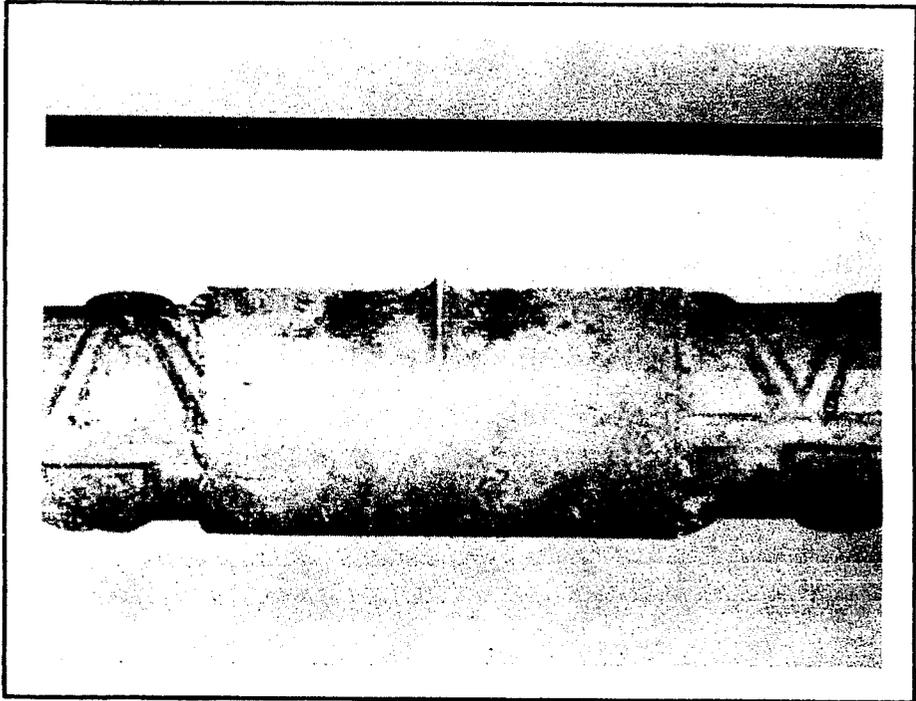


Fig. 11 - Topo a Topo - Thermit.

2.g - EMENDA TOPO A TOPO COM LUVA:

Esse é o processo "Cadweld" da "Erico Products Inc."

Nesse sistema a emenda é feita por meios mecânicos. É utilizada nesse caso a rugosidade das barras a serem emendadas. Em termos básicos seria como a ação da rosca dos parafusos e porcas.

Para a execução dessa emenda, as barras são colocadas topo a topo dentro de uma luva. As extremidades da luva são vedadas com asbestos. Através de uma espécie de cadinho refratário, funde-se uma mistura que posteriormente preenche os vazios entre as nervuras das barras e da luva. A figura 12 nos mostra um esquema de execução dessa emenda.

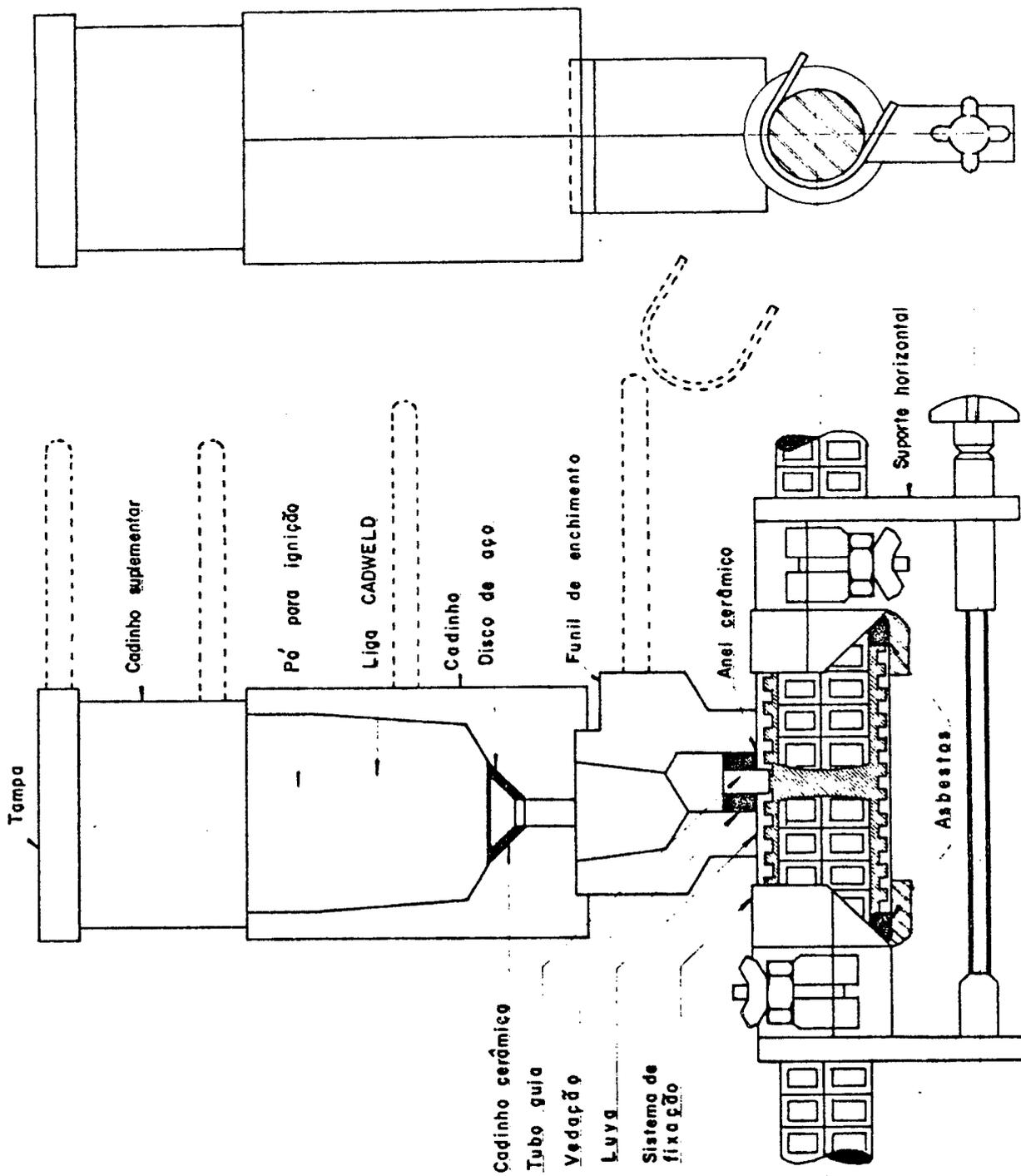


Fig. 12

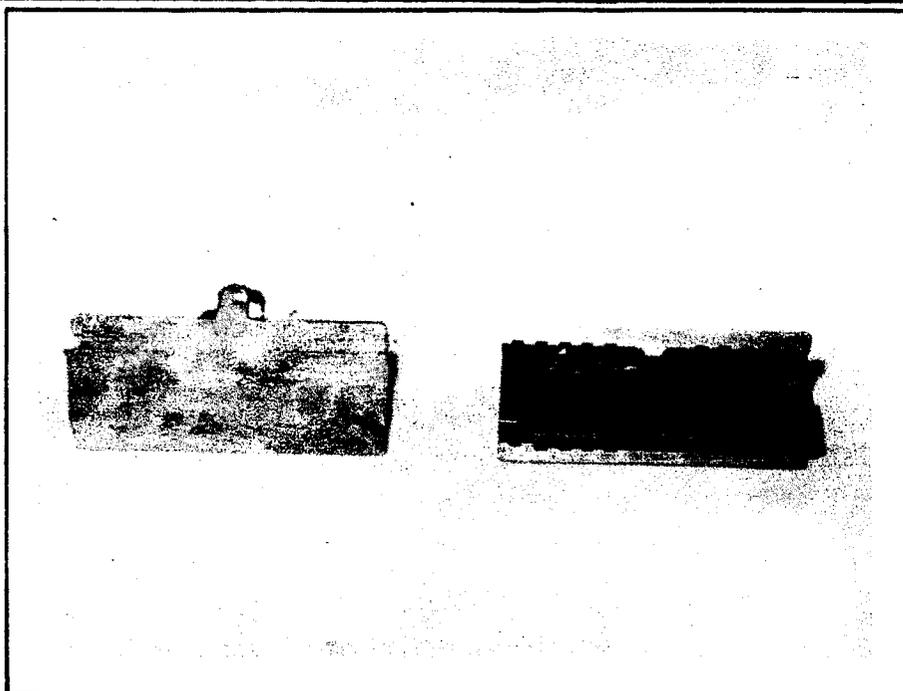


Fig. 13 - Topo a Topo - Cadweld - Cortada, mostra o sistema de funcionamento.

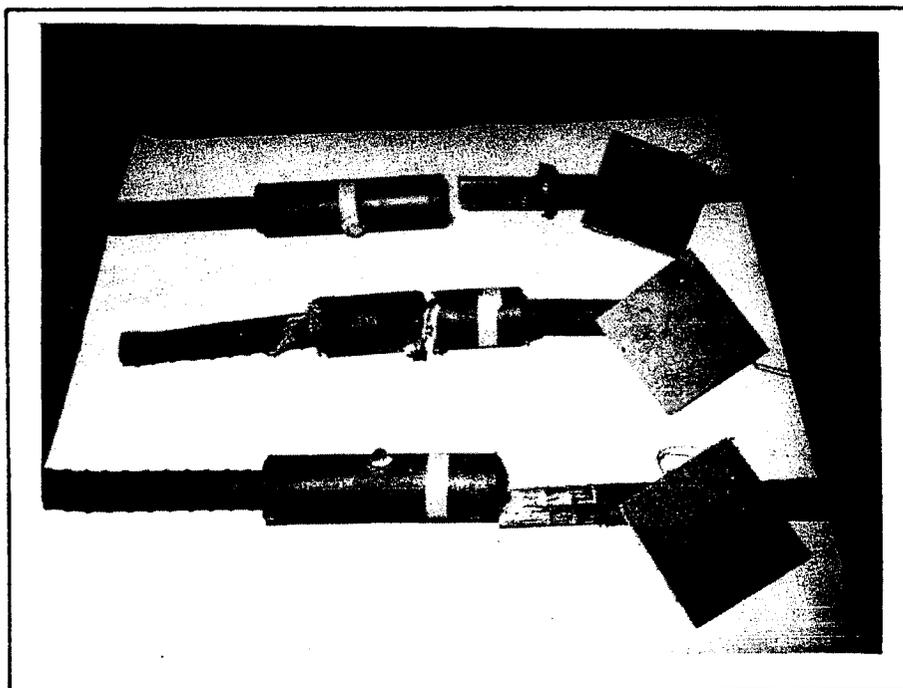


Fig. 14 - Luva Cadweld - Ocorrências
- Deslizamentos da barra
- Ruptura da luva

A fotografia da figura 13, nos mostra um corte da situação em que se apresentam as barras, metal fundido entre a luva e a barra, e a luva.

Deve-se salientar que para esse tipo de emenda, as barras deverão ter grande rugosidade, pois caso contrário - poderá ocorrer deslizamento da barra. Isto é mostrado na fotografia da figura 14, através das amostras 015-E e 017-E.

Esse tipo de luva, possibilita a emenda de barras em perfis ou chapas de estruturas metálicas.

Esquemáticamente isso é mostrado na figura 15. Na fotografia da figura 16 também pode ser observada uma emenda barra com chapa.

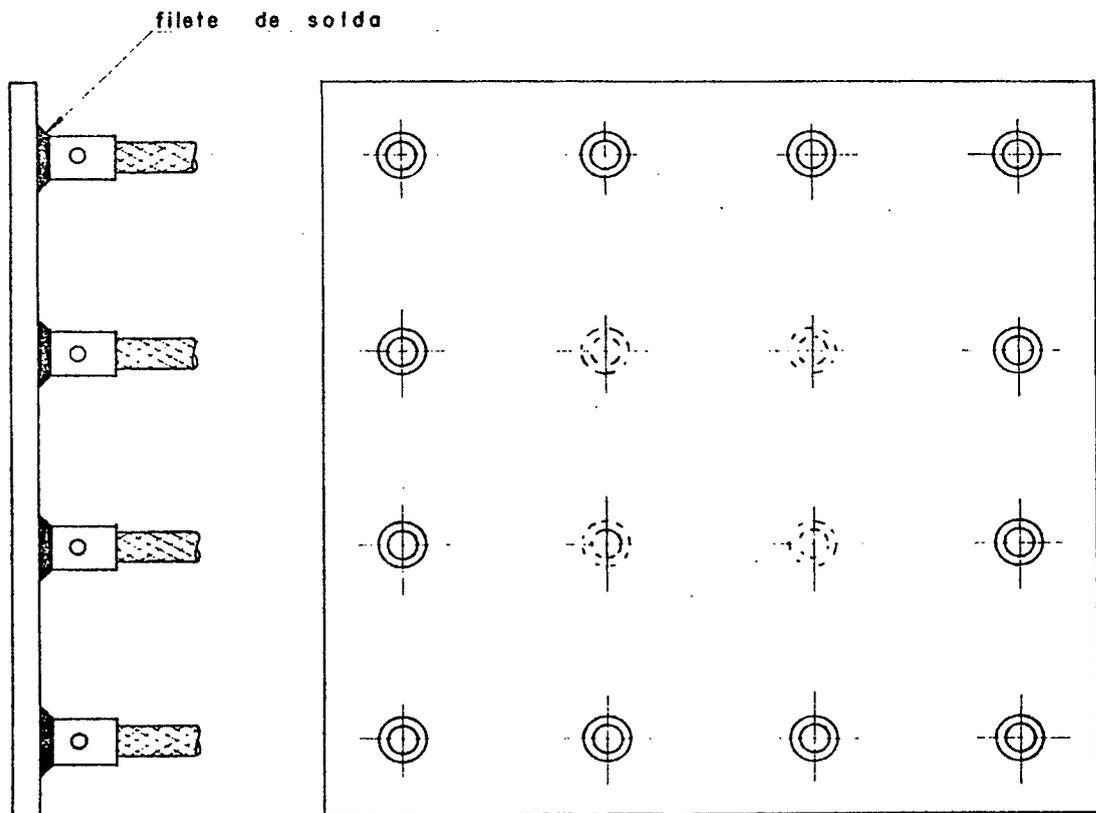


Fig. 15 — LUVA UNINDO CHAPA À BARRA

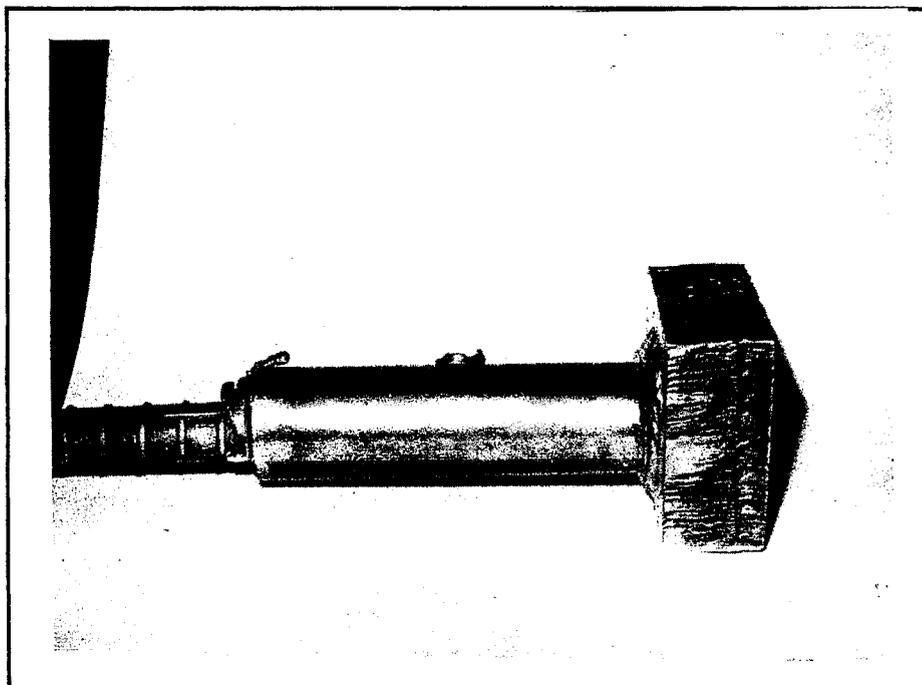


Fig. 16 - Chapa - Luva Cadweld - Barra

2.h - EMENDAS TOPO A TOPO POR CALDEAMENTO:

Esse é o processo de emendas de barras de aço para concreto armado, mais utilizado nas Obras de Ilha Solteira, Promissão e Capivara.

Nesse processo de emenda, as barras são colocadas t^opo a t^opo em cabeçotes m^oveis de uma máquina. Através da passagem de corrente elétrica, aquece-se o material (formação de um arco), e por interm^odi^o de uma alavanca move-se um dos cabeçotes deformando-se o material (dando origem ao bolêto). Dessa forma é então realizada uma emenda t^opo a t^opo, por caldeamento.

A temperatura atingida n^oesse processo algumas vezes atinge 900°C.

Nas figuras 17, fornecemos um esquema sequencial de emenda t^opo a t^opo por caldeamento.

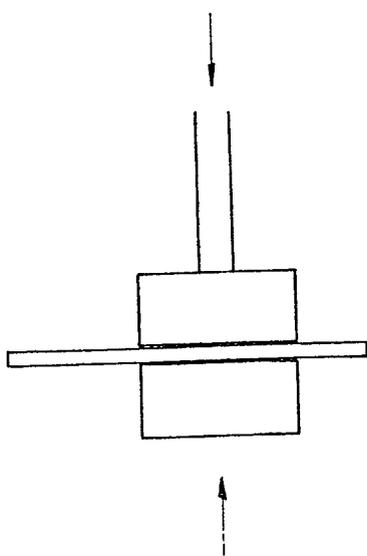


Fig. 17a - POSICIONAMENTO DA 1ª BARRA

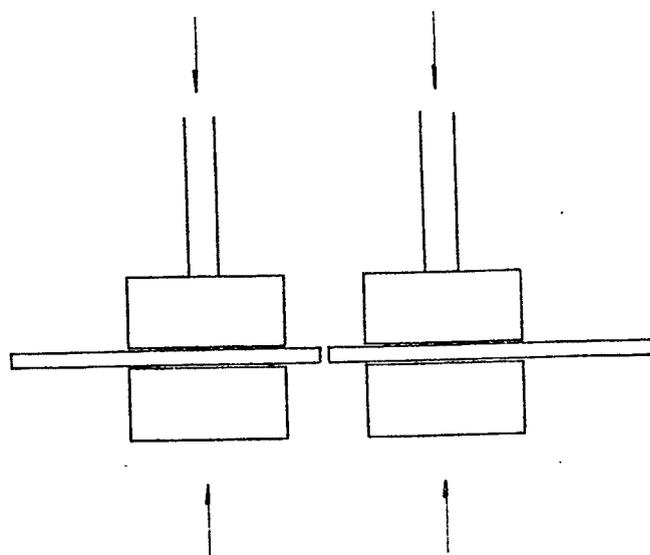
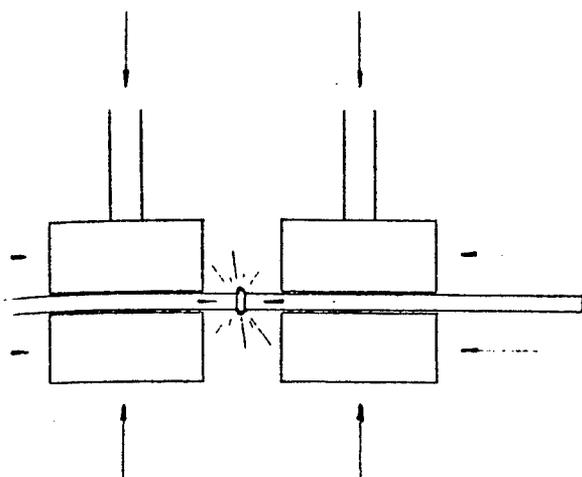


Fig. 17b - POSICIONAMENTO DAS DUAS BARRAS



17 C - PASSAGEM DA CORRENTE E
FORMAÇÃO DO BOLETO

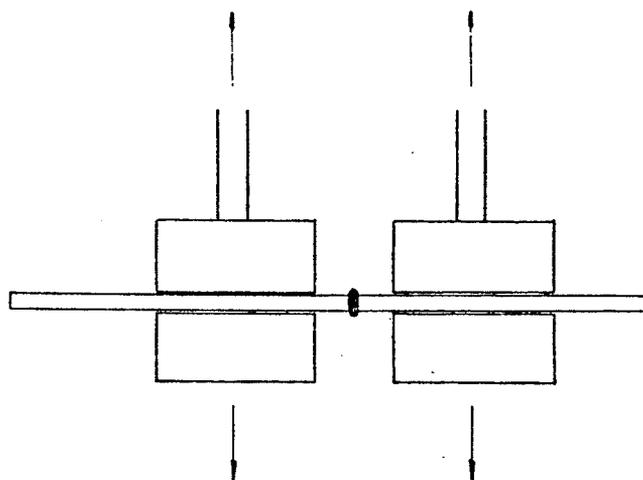


Fig. 17 d - SOLDA PRONTA

Em Ilha Solteira utilizamos de três tipos de máquinas para emenda topo a topo, a saber:

- Máquina Solda-Topo, de porte médio com produção menor que as subsequentes.

- Máquina de Solda Simoneck, tipo TT-120-MN, com produção média de

$\varnothing = 40$ mm	8 soldas/hora
$\varnothing = 32$ mm	10 soldas/hora 17
$\varnothing = 25$ mm	13 soldas/hora 20
$\varnothing = 20$ mm	18 soldas/hora 40

- Máquina de Solda Schlatter, tipo Aa-9/120, com produção média horária de

25 soldas para $\varnothing 40$ mm	48
35 soldas para $\varnothing 32$ mm	77
40 soldas para $\varnothing 25$ mm	96
60 soldas para $\varnothing 20$ mm	105
	16 mm 150

A máquina Schlatter, é a mais moderna dentre os tipos apresentados. Possui comando automático e a deformação do bolete é feita por pressão com comando hidráulico.

Todos os três tipos de máquinas, quando de sua implantação, no canteiro da Obra, foram acompanhados por

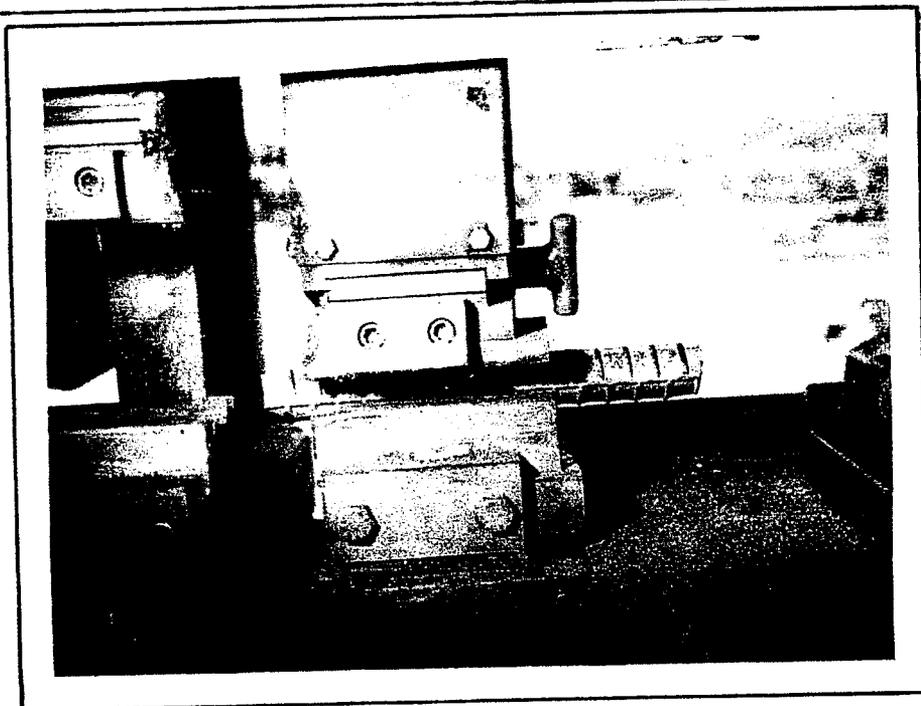


Fig. 17.a - Posicionamento da 1a. Barra.

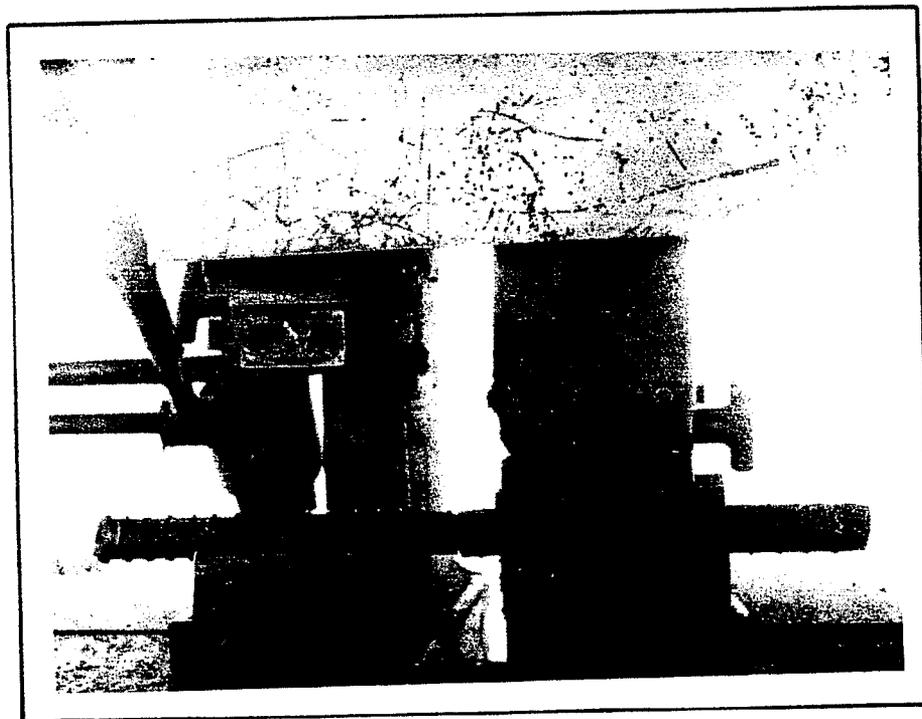


Fig. 17.b - Posicionamento das 2 Barras

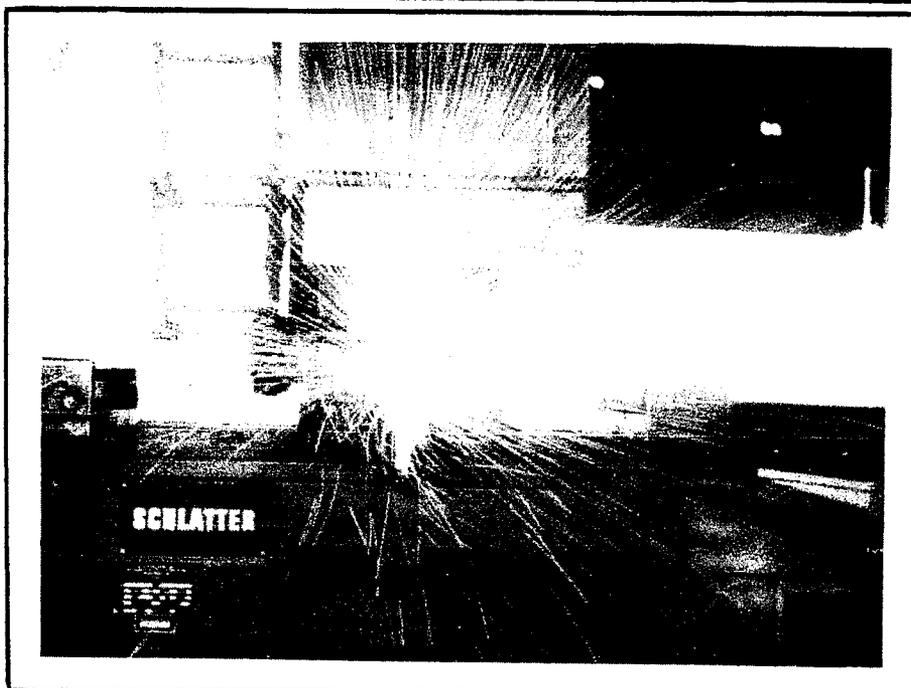


Fig. 17.c - Passagem de Corrente Elétrica Formando o Boleto.

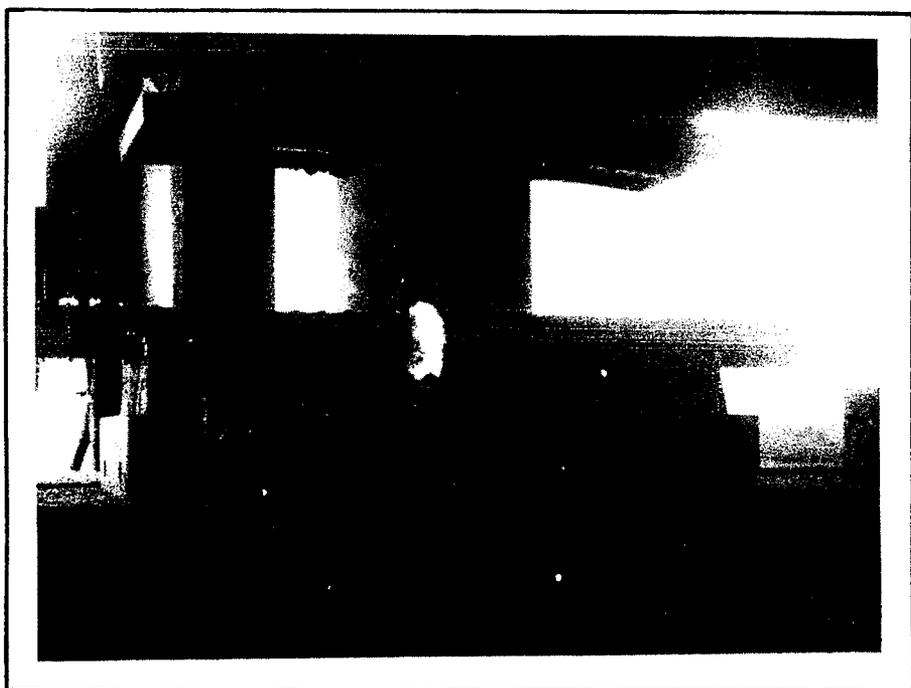


Fig. 17.d - Emenda Pronta.

ensaios sobre amostras, com intuito de regular a amperagem e a deformação para a formação do bolêto.

As emendas produzidas pelas máquinas Solda-Topo e Simoneck, apresentam-se com um acabamento diferente das efetuadas pela máquina Schlatter. Isto pode ser observado pelas fotografias da figura 18.

Das emendas efetuadas nas Obras da CESP, em Ilha Solteira, Capivara e Promissão, a cada 50 barras soldadas, retirava-se uma amostra para execução de ensaio de tração. O Laboratório de Concreto executou aproximadamente 2.600 - ensaios sobre tal tipo de emenda e cujos valores médios en contram-se na figura 19.

Afim de disciplinar o uso desse tipo de emenda - adotou-se uma especificação a ser obedecida pelas amostras ensaiadas. Essa especificação será discutida mais adiante.

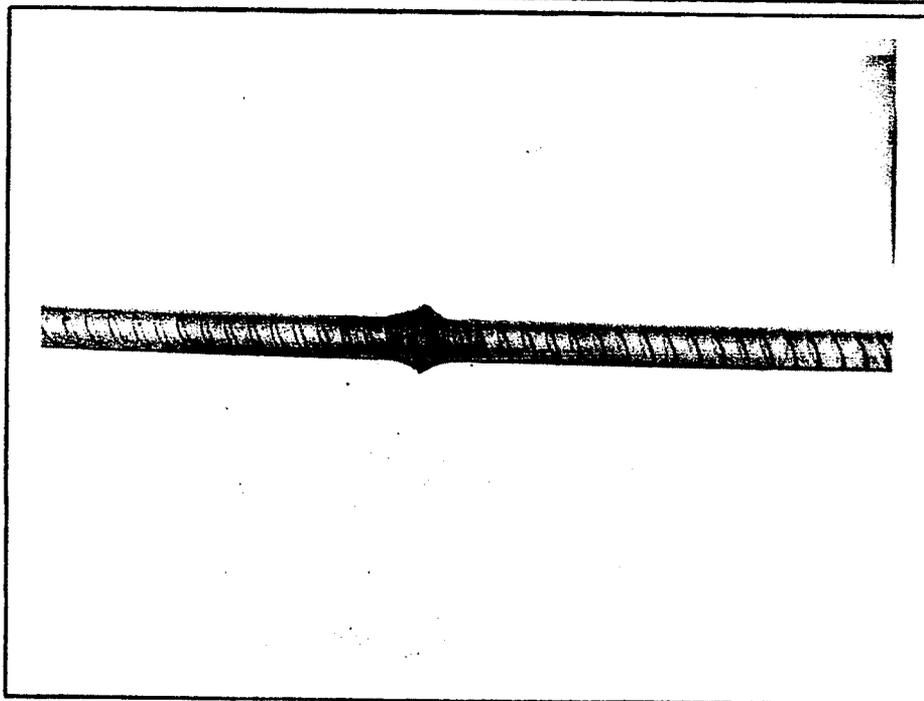


Fig. 18.a - Emenda Topo a Topo
Maquinas "Solda-Topo" e Simoneck.

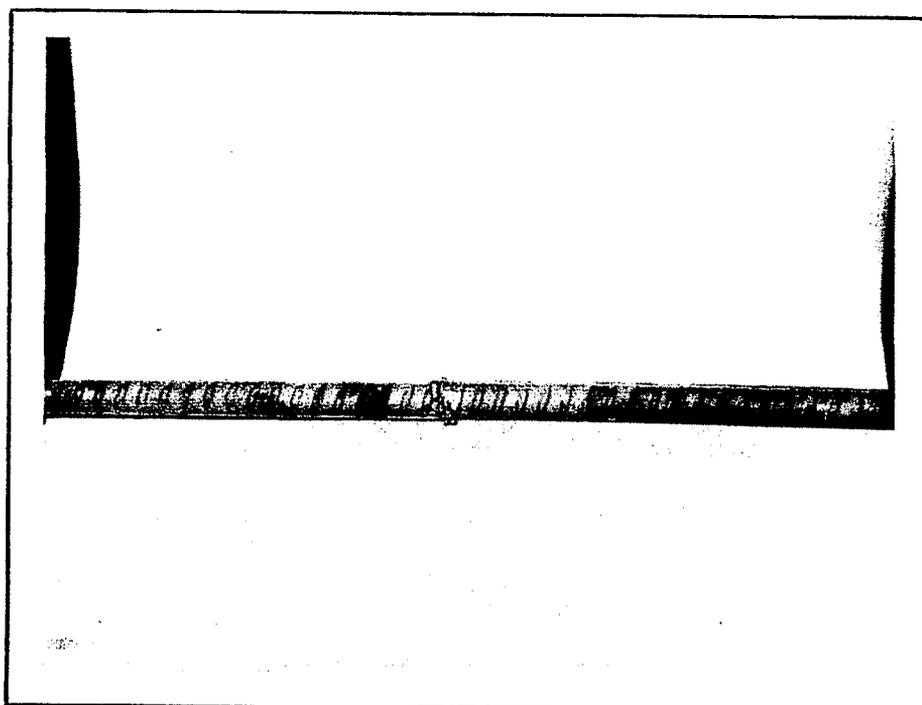


Fig. 18.b - Emenda Topo a Topo
Máquina Schlatter.

2.1 - EMENDAS DE BARRAS SUBMETIDAS SÓMENTE À COMPRESSÃO:

No caso de barras submetidas somente a compressão pode se optar ou pelo transpasse, ou por emenda tôpo a tôpo através de fixação por dispositivo mecânico, semelhante ao que é observado na figura 20.

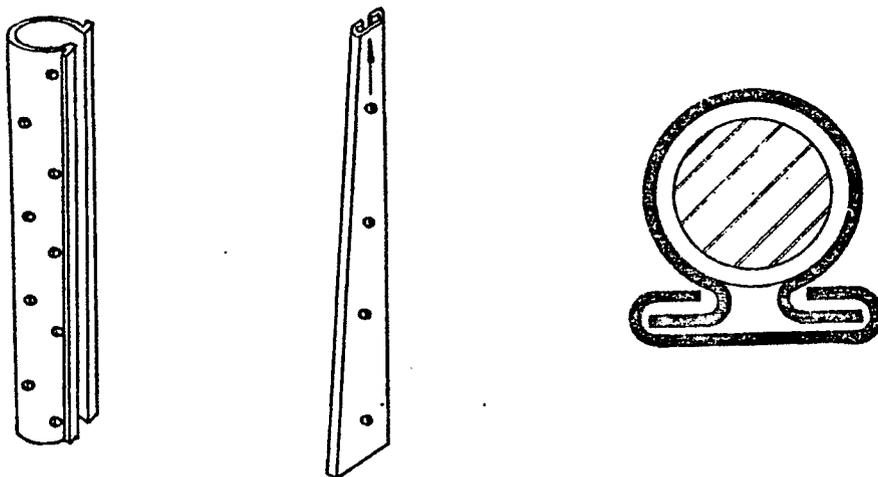


Fig. 20- DISPOSITIVO PARA EMENDAS A COMPRESSÃO

3 - ESPECIFICAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DE BARRAS EMENDADAS:

As normas de Construção da A.C.I. (ACI-318-63) permitem a utilização de emendas soldadas, por determinados processos, e submetidas à tração em pontos de máximos, quando desenvolverem na tração, uma tensão não inferior a 125 por cento da tensão de escoamento especificada para as barras em uso.

A A.S.T.M. através de suas especificações, fornece os seguintes valores, para aços de construção civil:

CATEGORIA	MÍNIMA TENSÃO DE (kg / mm ²)	
	σ ESCOAMENTO	σ RUPTURA
40	28	49
60	42	63
75	52,5	70

$\frac{\sigma_r}{\sigma_e}$
1,75
1,50
1,33

CATEGORIA	DIÂMETRO	NÚMERO DE ENSAIO	BARRA PADRÃO			BARRA SOLDADA		
			TENSÃO DE ESCOAMENTO kg/mm ²	DESVIO PADRÃO kg/mm ²	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO %	TENSÃO DE RUPTURA kg/mm ²	DESVIO PADRÃO kg/mm ²	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO %
CA-24	5/8" = = 16 mm	POUCAS AMOSTRAS	—	—	—	—	—	—
	3/4" = = 20 mm	89	34	4,6	13,4	48	6,3	13,0
	1" = = 25 mm	34	31	7,3	23,0	44	8,4	19,0
	1 1/4" = = 32 mm	76	30	4,2	14,1	42	3,9	9,3
	1 1/2" = = 40 mm	500	30	3,9	13,2	43	6,6	15,4
CA-50-A	5/8" = = 16, mm	23	56	5,2	9,2	70	18,8	26,6
	3/4" = = 20 mm	55	56	4,9	8,7	75	17,6	23,4
	1" = = 25 mm	465	52	3,0	5,7	71	12,0	16,9
	1 1/4" = = 32 mm	1388	55	5,0	9,1	69	10,3	14,9
	1 1/2" = = 40 mm	NÃO UTILIZADA	—	—	—	—	—	—

Fig. 19

VALORES OBTIDOS PARA SOLDAS TOPO A TOPO POR CALDEAMENTO

A A.B.N.T. não menciona valores limites para barras de aço soldadas para construção civil.

Para as barras de aço, a EB-3.71 nos fornece:

CATEGORIA	TENSÃO MÍNIMA DE (kg/mm ²)	
	σ ESCOAMENTO	σ RUPTURA
24	24	1,3 σ_e
32	32	1,3 σ_e
40	40	1,1 σ_e
50	50	1,1 σ_e
60	60	1,1 σ_e

Observa-se que caso fossemos aplicar o critério do A.C.I. de σ_r barra soldada $\geq 1,25 \sigma_{en}$, aos aços especificados pela EB-3, teríamos para o caso teórico de barras com

$$\sigma_e = 51 \text{ kg/mm}^2 \text{ e } \sigma_r = 58 \text{ kg/mm}^2$$

então:

$\sigma_r / \sigma_e = 58/51 = 1,14 > 1,1$, o que satisfaz a EB-3, porém na barra soldada, não iríamos obter

$$\sigma_r \geq 1,25 \times \sigma_{en}$$

$\sigma_{r_s} = 1,25 \times 50 = 62,5 > 58 \text{ kg/mm}^2$, pois o aço esperaria antes.

Na realidade não acontece $\sigma_r \approx 1,1 \sigma_e$, pois os valores encontrados para aços de categoria CA-50A, nacionais são maiores que $1,1 \sigma_e$.

Em Ilha Solteira obtivemos para um universo de 400 amostras o σ_e médio = 55 Kg/mm² e σ_r médio = 82 Kg/mm² que nos deu

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_e} = 1,49.$$

Desta forma o critério adotado pelo Laboratório de Concreto para qualificar a solda passou a ser:

- Para aços com nítido patamar de escoamento (tipo A).

$$\sigma_r \text{ (barra soldada)} \geq 1,15 \sigma \text{ e barra padrão (corpo de prova retirado da própria barra soldada).}$$

$$\geq 1,20 \sigma \text{ e nominal.}$$

Sendo que a ruptura pode ocorrer em qualquer ponto da barra soldada.

- Para aços sem patamar de escoamento (tipo b)

$$\sigma_r \text{ (barra soldada)} \geq 1,10 \sigma \text{ e nominal}$$

sendo que a ruptura não pode ocorrer na solda e nem dentro de um intervalo igual $3 \varnothing$ a partir do meio da solda.

Em Ilha Solteira, Promissão e Capivara, utilizam-se de aços CA-24 e CA-50A, sendo que o tipo de emenda mais empregado é o Topo a Topo por Caldeamento.

Através dos valores fornecidos nos quadros da figura 19, podemos verificar em quais intervalos encontram-se os valores médios obtidos para as Tensões de Ruptura de barras soldadas topo a topo por caldeamento.

Adotando uma confiança de 95% temos que o verdadeiro valor da média encontra-se dentro do seguinte intervalo:

$$M - \xi_p \frac{S}{\sqrt{n}} < \bar{X} < M + \xi_p \frac{S}{\sqrt{n}} \quad \text{para um número de}$$

amostras maior que 30 e

$$M - t_p \frac{S}{\sqrt{n}} < \bar{X} < M + t_p \frac{S}{\sqrt{n}} \quad \text{para um número de}$$

amostras não maior que 30, sendo

M = valor médio obtido

S = desvio padrão obtido

\bar{X} = verdadeiro valor da média

n = número de amostras

ξ_p = valor que é função da confiança e do número de amostras - para 95% de confiança e $n > 30$ $\xi_p = 1,96$.

t_p = semelhante a ξ_p , porém para $n \leq 30$

Com os valores fornecidos na figura 19, foram obtidos os intervalos, para o valor da média, indicados na tabela da figura 21.

DIÂMETRO	INTERVALOS DA TENSÃO DE RUPTURA	
	CATEGORIA CA-24 (kg/mm ²)	CATEGORIA CA-50(kg/mm ²)
5/8" = 16 mm	—	de 62,3 a 77,7
3/4" = 20 mm	de 46,7 a 49,3	de 70,3 a 79,7
1" = 25 mm	de 41,2 a 46,8	de 69,9 a 72,1
1 1/4" = 32 mm	de 41,1 a 42,9	de 68,4 a 69,6
1 1/2" = 40 mm	de 42,4 a 43,6	—

Fig. 21 - INTERVALO DE VARIAÇÃO DA MÉDIA P/95% DE CONFIANÇA

Pode-se também verificar qual a probabilidade de ocorrerem valores abaixo dos mínimos especificados (ou adotados).

O Laboratório de Concreto de Ilha Solteira adotou para aços com nítido Patamar de Escoamento (Tipo A), que a Tensão de Ruptura da barra soldada deve superar o mínimo - de:

- 1,15 x Tensão de Escoamento da Barra Padrão
ou
- 1,20 x Tensão de Escoamento Nominal

Adotando uma confiança de 95% calculamos a probabilidade de ocorrência de valores abaixo dos mínimos, através, também, dos dados fornecidos na figura 19, para barras soldadas tôpo a tôpo por caldeamento.

As probabilidades encontradas são fornecidas na tabela da figura 22.

DIÂMETRO	CA - 24			CA - 50 - A		
	ADOTANDO 1,20 σ_e NOMINAL	ADOTANDO 1,25 σ_e NOMINAL (ACI)	ADOTANDO 1,15 σ_e OBTIDO	ADOTANDO 1,20 σ_e NOMINAL	ADOTANDO 1,25 σ_e NOMINAL (ACI)	ADOTANDO 1,15 σ_e OBTIDO
5/8"=16mm	-	-	-	29,80%	34,46%	38,59%
3/4"=20mm	0,12%	0,21%	7,64%	19,77%	23,88%	27,43%
1"=25mm	3,51%	4,75%	15,87%	17,88%	23,88%	17,88%
1 1/4"=32mm	0,04%	0,11%	2,68%	18,94%	26,43%	28,10%
1 1/2"=40mm	1,58%	2,42%	9,85%	-	-	-

Fig. 22 - PROBABILIDADE DE OCORREREM VALORES ABAIXO DO ADOTADO

Lembramos que para os fornecimentos normais nas Obras da CESP, os aços usuais são CA-24 e CA-50A. Assim sendo

$$\begin{aligned} 1,20 \sigma_e \text{ e nominal} &= 28,8 \text{ para CA-24} \\ &= 60,0 \text{ para CA-50A} \end{aligned}$$

Calculamos também a probabilidade, em relação ao mínimo adotado para o A.C.I., que é de

$$\begin{aligned} 1,25 \sigma_e \text{ e nominal} &= 30,0 \text{ para CA-24} \\ &= 62,5 \text{ para CA-50A} \end{aligned}$$

Observa-se pelos valores da tabela da figura 22, que o critério do mínimo $\sigma_r = 1,15 \sigma_e$ obtido pela barra padrão, é tanto quanto desproporcional, tendo-se em vista o valor médio, alto obtido para a Tensão de Escoamento (ver - tabela da figura 19), principalmente para CA-24. É também conveniente lembrar que para os cálculos utilizou-se de todos os valores obtidos nos ensaios, não se desprezando aqueles que propiciaram contra-provas.

Pelos valores obtidos e fornecidos nas figuras - 19 e 22, observamos que para aços moles, como CA-24, o tipo de emenda tôpo a tôpo por caldeamento, apresenta uma grande

segurança. Para aços CA-50A, a segurança já é um pouco menor. Isto requer então um controle mais rigoroso, levando-nos então a encontrar um número maior de contra-provas. Porém isto decorre da alta resistência do material, que requer, não só para esse tipo de emenda, cuidados adicionais.

Percebe-se que o valor mínimo especificado pelo A.C.I. 318 requer uma maior elasticidade dos aços emendados, do que o $1,20 \sigma_e$ nominal por nós adotado.

Dentre os processos de emendas, o tipo tampo a tampo por caldeamento, leva vantagem sobre os demais no que se refere a velocidade de fabricação e logicamente no preço.

Pelos valores de controle percebe-se a boa qualidade de tais emendas.

Contando com a permissão da CESP, fizemos parte do "GRUPO DE TRABALHO DE ENSAIOS DE MATERIAIS METÁLICOS PARA CONCRETO ARMADO" da A.B.N.T., no período 1.973-74, e a partir dos valores obtidos através do controle efetuado pelo Laboratório de Concreto de Ilha Solteira sugerimos a elaboração do "Metodo Brasileiro para Verificação de Emendas Metálicas de Barras de Concreto Armado", cujo texto citamos abaixo:

VERIFICAÇÃO DE EMENDAS METÁLICAS DE BARRAS
DE CONCRETO ARMADO

P-MB - 857 EM ESTÁGIO EXPERIMENTAL

4.1 - OBJETIVO

O presente Método tem por objetivo estabelecer o modo de ensaiar barras emendadas para concreto armado.

No anexo I constam as condições que estas de vem satisfazer e no Anexo II as condições de emprego.

4.2 - AMOSTRAGEM

4.2.1 - O ensaio implica em duas avaliações:

4.2.1a - Performance do método de execução da emenda.

4.2.1b - Performance do operador.

Afim de se efetuarem as avaliações citadas, deverão ser ensaiadas cinco amostras. Se todas as barras satisfizerem às condições estipuladas no presente Método, as emendas na obra serão efetuadas em idênticas condições. Recomenda-se efetuar essas avaliações pelo menos a cada seis meses.

4.2.2 - Após as avaliações indicadas no item 2.1, a cada grupo de 50 emendas ou fração, deverá ser escolhida uma amostra ao acaso e enviada ao Laboratório de Ensaio. Como mínimo deverão ser ensaiadas três amostras.

As amostras enviadas ao Laboratório deverão ter as seguintes medidas: (ver fig. 1).

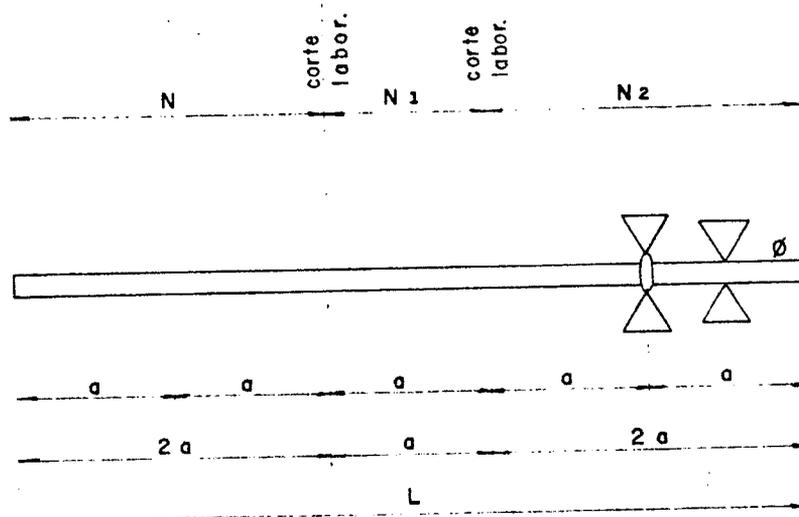


Fig. 1

$a = 10 \varnothing + 10$ sendo as unidades em centímetros

$L = 5a$ onde L é o comprimento total de amostra enviada ao Laboratório.

Se $\leq 3 S_b$ onde B é o diâmetro máximo permitido para a emenda.

S_e = Seção máxima permitida da emenda.

S_b = Seção da barra a ser emendada.

O material tem que estar no estado de emprego na obra. O corpo de prova não pode ser usinado.

As amostras deverão ser entregues numeradas.

Juntamente com as amostras numeradas, o solicitante entregará uma carta com relatório, usando a terminologia da TB 2, fornecendo os dados solicitados pelo item 6.1.2 da MB-262 que são:

Nome e endereço da Empresa Construtora

Nome e endereço da Obra

Nome do operador

Tipo de barra e fabricante

Processo de emenda: descrição, posição da emenda, passos e tipo de cordões, tipo de luvas, equipamento, preparação das pontas.

Tipo de eletrodos : Classificação EB-79. Ensaiado de acordo com o MB-168; Diâmetro do eletrodo.
Nome comercial e fabricante do eletrodo.

Temperatura de pré-aquecimento, se tiver.

Limpeza.

Tensão de soldagem e intensidade de corrente.

Polaridade.

Fabricante e tipo de fluxo.

Tipo de resfriamento ou tratamento posterior.

Data da emenda.

4.3 - ENSAIO

4.3.1 - No Laboratório far-se-ão os cortes indicados na figura 1 e a sua identificação usando o número original N para a barra original com ensaios de tração: o número N com sub índice 1 ou seja N_1 , para a barra ensaiada a dobramento, e o número N com sub-índice 2 ou seja N_2 , para a barra emendada ensaiada a tração.

A amostra N será ensaiada de acordo com o MB-4.

A amostra N_1 será ensaiada de acordo com o MB-5.

Para a amostra N_2 será determinada somente a carga da ruptura, conforme a MB - 4.

Para efeito de cálculo da tensão da ruptura, será considerada a secção de N_2 igual à de N determinada de acordo com a EB-3.

Não se medirão as deformações das N_2 exceto nas emendas com luvas.

Não se fará ensaio de dobramento da N_2 .

4.4 - RESULTADOS

4.4.1 - O Laboratório fornecerá um atestado de ensaio onde constará, uma cópia dos dados fornecidos pelo solicitante - (mencionados anteriormente).

Numeração das amostras.

Resultados dos ensaios de acordo com o MB-4 para N.

Resultados dos ensaios de acordo com o MB-5 para N₁.

Resultados dos ensaios de acordo com o presente Método para N₂.

ANEXO ICONDIÇÕES IMPOSTAS

As amostras N e N₁ terão que satisfazer as condições da EB-3 para sua categoria.

As amostras N₂ terão que satisfazer as seguintes condições:

Barra tipo A:

- 1º - A tensão de ruptura deve ser pelo menos igual ou superior ao valor $1,20 \cdot \sigma_{e \text{ min}}$, ou seja 20% sobre a tensão mínima de escoamento conforme a EB-3.
- 2º - Satisfazendo a barra emendada à condição anterior pode romper em qualquer secção tanto na emenda como fora dela.

Barra tipo B:

- 1º - A tensão de ruptura deve ser pelo menos igual à tensão de escoamento da barra original (N); ou então superá-la em 10% a $\sigma_{e \text{ min}}$, conforme EB-3.

$$\sigma_R \geq 1,10 \sigma_{e \text{ min}}$$

- 2º - A barra não pode romper na emenda, nem a uma distância de 3ϕ partindo-se do meio desta (ver fig.2)

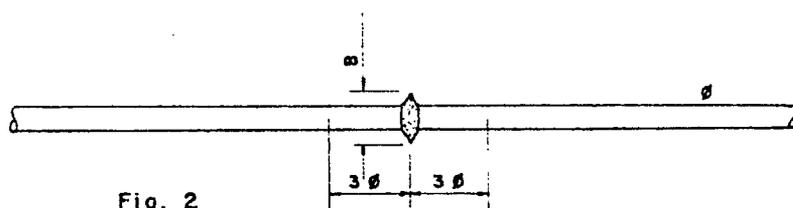


Fig. 2

Se a barra não satisfizer esta condição mas satisfizer as condições das barras do tipo A considerar-se-á satisfatória.

As emendas com luvas deverão ter deformabilidade menor que a da barra original, à 80% de σ_e nominal.

ANEXO II

(enviado à NB-1)

- a) Proíbem-se emendas que possam criar esforços transversais no concreto, a menos que os mesmos sejam devidamente absorvidos. (ver figs. 3 e 4).

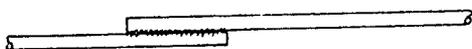


Fig. 3

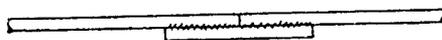


Fig. 4 - IV

- b) Emenda longitudinal somente será permitida se não for alterada a posição do eixo baricêntrico e sempre que haja suficiente concreto envoltório da ordem de 3ϕ ao redor do eixo da barra. (ver fig. 5).

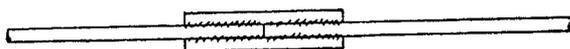


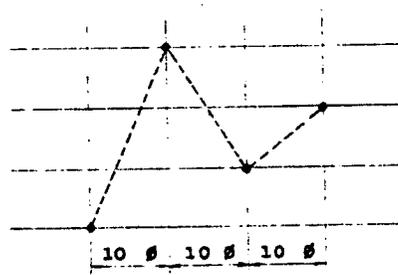
Fig. 5

- c) As emendas serão colocadas onde não haja necessidade de dobramento das barras.
- d) A separação de duas emendas sucessivas, medida paralelamente ao eixo de barra, será igual ou maior que 10ϕ - ($s \geq 10 \phi$).

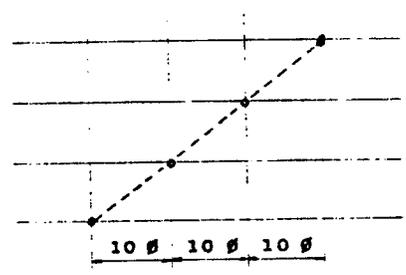
As soldas serão distribuídas de tal maneira que não formem um só plano de debilitamento (ver figs. 6,7).



VIGA

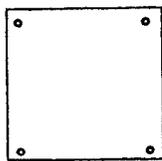


SIM

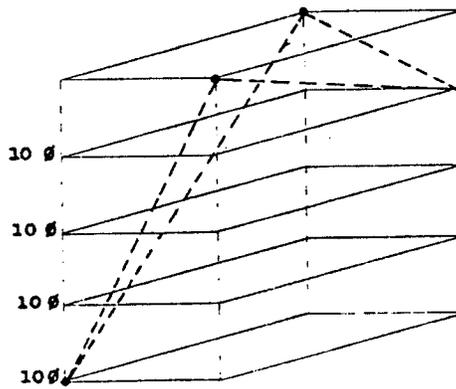


NÃO

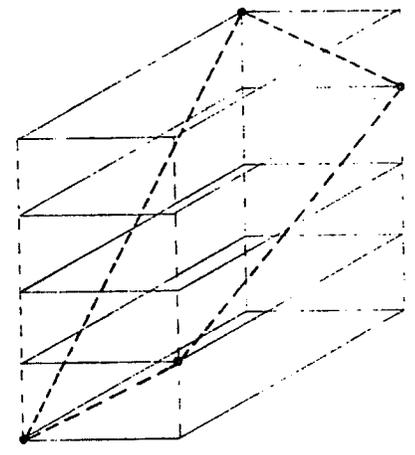
Fig. 6



COLUNA



SIM



NÃO

Fig. 7

A N E X O - III

Neste anexo descrevemos os procedimentos para preparação e ensaio de corpos de prova de metais utilizados como eletrodos.

Normalmente os eletrodos são constituídos por dois elementos fundamentais, e que são:

- A vareta, de aço, que constitui o elemento principal do eletrodo, e;

- A capa, que além de atuar como elemento protetor da vareta, contém aditivos que durante a fusão do metal, permitem melhorar as condições da solda. Desta forma a "capa" poderá conter -

- Dessorxidantes,
- Desnitretantes,
- Inibidores de crescimento dos grãos,
- Refinadores,
- Fornecedores de liga ao metal depositado,
- Modificadores da temperatura do arco

As especificações mais comumente adotadas para a utilização de eletrodos, são a P.E.B.-79 (Projeto de Especificação Brasileira, da A.B.N.T.) e a A.W.S. (American Welding Society).

Em linhas gerais a A.W.S. apresenta a classificação dos eletrodos através de uma série de números codificados como ilustramos abaixo:

	I	II	III
E	X	Y	Z

- E - Eletrodo

- Os dígitos da coluna I nos dão a resistência a tração (Tensão mínima de ruptura) do material depositado

- O dígito da coluna II dá a posição de soldagem.

Assim sendo:

- 1 - Soldagem em todas as posições
- 2 - Soldagem em plano e horizontal
- 3 - Soldagem só no plano.

- O dígito da coluna III só faz sentido quando agrupado ao da coluna II, e indica o tipo de revestimento, polaridade e corrente de soldagem.

Exemplificando teríamos: E-6010 que nos dá:

Eletrodo com Tensão de ruptura 60.000 PSI ($\approx 42 \text{ Kg/mm}^2$) soldagem em todas as posições, orgânico + C.C. (polaridade + e corrente contínua).

A P.E.B.-79 fornece uma nomenclatura pouco diferente da especificação anterior.

Ou seja:

I	II	III	IV
x	y	z	t

- Os dígitos das colunas I e II, fornecem a tensão de ruptura a ser obedecida.

- O dígito da coluna III fornece as posições de soldagens, que são:

1 - Soldagem em todas as posições

2 - Soldagem em todas as posições exceto a vertical descendente

3 - Soldagem no plano e horizontal

4 - Soldagem no plano.

- O dígito da coluna IV representa a natureza da corrente com a qual o eletrodo pode trabalhar e a grande penetração.

Exemplificando temos: 4110 - que nos dá:

Tensão de ruptura 41 Kg/mm^2 , soldagem em todas as posições, através de corrente contínua e de grande penetração.

Possui ainda sufixos que indicam o tipo de revestimento.

Afim de verificar se os eletrodos realmente possuem as qualidades que as especificações lhes indicam, vários ensaios são executados. Dentre os testes encontra-se aquele que revela as condições de resistência e elasticidade. É o ensaio de tração sobre corpos de prova estandarizados.

Para a preparação dos corpos de prova para ensaios de tração, o metal é depositado sobre uma emenda fictícia de

duas chapas de $3/4"$ de espessura.

A figura B.1 mostra esquematicamente uma preparação.

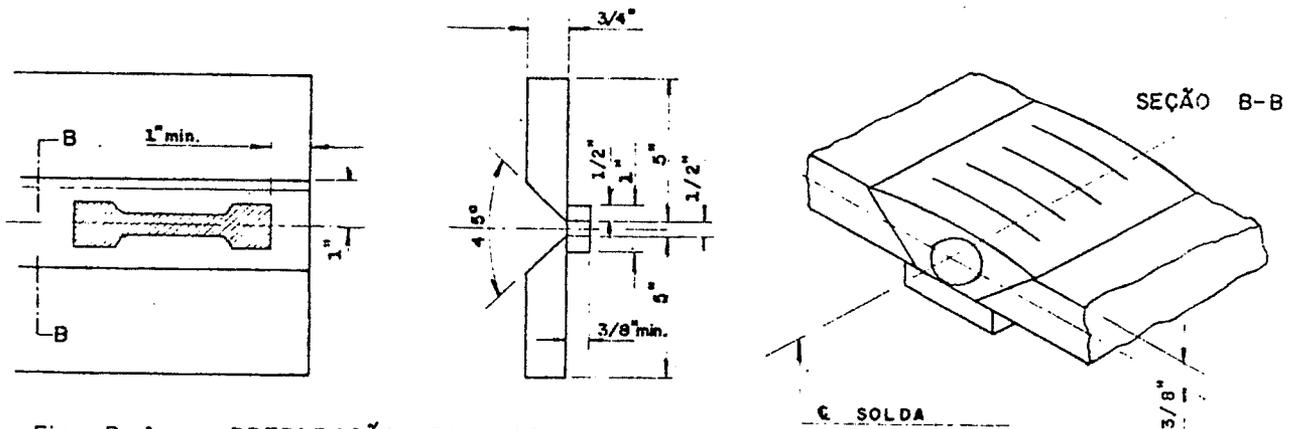


Fig. B. 1- PREPARAÇÃO DO CORPO DE PROVA

Desta forma permite-se retirar, por usinagem, corpos de prova do material depositado. Esses espécimes devem ter as dimensões indicadas na figura B.2.

Após a usinagem os espécimes são ensaiados a tração.

Cuidados adicionais referente a umidade devem ser tomados ao se testar eletrodos de Baixo-Hidrogênio. Esses eletrodos, antes da confecção das amostras, devem ser mantidos à uma temperatura próxima a 400°C , por um tempo de 2 horas.

No Laboratório de Concreto de Ilha Solteira executamos vários ensaios de tração para verificação da qualidade de certos eletrodos nacionais.

Os ensaios foram executados em uma prensa tipo Universal, da Maruto. Para efetuarmos os ensaios os corpos de prova foram aumentados, na região da "garra" aproximadamente 2 cm, devido as condições do equipamento.

Os valores obtidos para os vários tipos de eletrodos encontram-se nas tabelas da figura B-3.

Na fotografia da figura B.4, observam-se uns corpos de prova, rompidos, notando-se claramente a região da estrição.

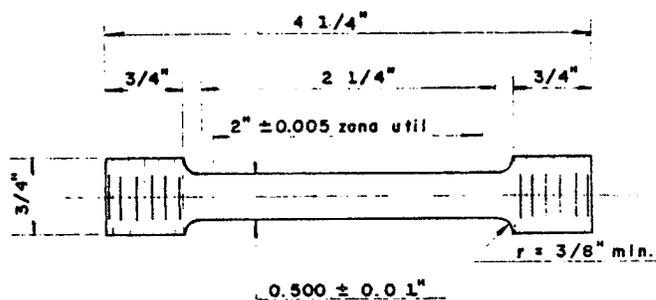


Fig. B-2 - DIMENSÕES DO CORPO DE PROVA

Podemos notar pelos valores obtidos que, as médias das tensões e alongamentos satisfazem os requisitos mínimos, porém são apresentados alguns valores abaixo do mínimo, principalmente para os eletrodos de baixo-hidrogênio.

ELETRODO TIPO - 6010

TENSÃO DE ESCOAMENTO Kg/mm ²	TENSÃO DE RUPTURA Kg/mm ²	ALONGAMENTO À RUPTURA %
46,9	56,7	36
38,7	46,3	32
39,4	48,0	36
45,8	53,4	36
44,3	51,3	36
37,8	46,9	32
37,5	46,1	40
42,0	50,6	26
42,0	50,3	28
45,8	53,9	30
51,0	60,2	22
41,5	50,5	37
41,8	49,1	35
41,3	49,0	25
45,4	52,1	32

ESPECIFICAÇÃO

35,2

43,6

22

ELETRODO TIPO - 6011

TENSÃO DE ESCOAMENTO Kg/mm ²	TENSÃO DE RUPTURA Kg/mm ²	ALONGAMENTO À RUPTURA %
44,4	52,0	32
42,2	52,1	34
41,7	52,8	26
45,7	54,2	18
45,8	53,8	27
48,0	56,0	25

ESPECIFICAÇÃO

35,2

43,6

22

ELETRODO TIPO - 6012

TENSÃO DE ESCOAMENTO Kg/mm ²	TENSÃO DE RUPTURA Kg/mm ²	ALONGAMENTO À RUPTURA %
45,4	49,8	32
48,2	54,8	30
46,8	55,6	32
45,8	55,9	28
45,2	52,8	32
45,8	54,5	22
50,1	56,1	25
52,9	59,8	27

ESPECIFICAÇÃO

35,2	43,6	22
------	------	----

ELETRODO TIPO - 6013

TENSÃO DE ESCOAMENTO Kg/mm ²	TENSÃO DE RUPTURA Kg/mm ²	ALONGAMENTO À RUPTURA %
45,5	52,0	30
46,6	53,2	34
46,9	55,0	36
47,5	54,5	40
45,5	52,0	32
38,0	44,3	26
45,2	53,7	28
41,9	51,0	24
43,6	52,6	28
48,2	52,2	30
47,2	52,8	30
50,8	59,2	35
52,4	59,8	27
49,9	56,7	30
51,3	58,3	27

ESPECIFICAÇÃO

35,2	43,6	22
------	------	----

L-60 (ARAME PARA SOLDAGEM AUTOMÁTICA)

TENSÃO DE ESCOAMENTO Kg/mm ²	TENSÃO DE RUPTURA Kg/mm ²	ALONGAMENTO À RUPTURA %
43,0	53,0	35,0
37,4	45,9	37,0
37,8	48,0	42,0
41,9	51,4	40,0
44,8	54,8	60,0
40,9	49,4	57,0

ESPECIFICAÇÃO

41	49	27
----	----	----

ELETRODO TIPO - 7018

TENSÃO DE ESCOAMENTO Kg/mm ²	TENSÃO DE RUPTURA Kg/mm ²	ALONGAMENTO À RUPTURA %
40,9	49,1	40
41,2	48,5	36
39,7	48,3	46
40,0	48,0	40
42,8	52,0	38
44,1	52,9	38
47,6	54,6	40
42,4	49,4	40
42,0	48,3	40
40,5	46,8	42
44,6	52,0	38
38,9	47,2	34
45,0	54,3	36
42,6	50,6	38
40,6	48,3	38
45,2	53,2	38
43,3	50,6	36
38,6	45,1	36
39,5	45,7	34
41,1	48,3	45
44,8	50,6	40
51,1	59,5	38
56,6	63,5	30
44,3	50,6	45
43,0	51,7	37
38,7	47,7	35
42,2	49,4	30
44,0	50,8	40
42,9	49,6	45
60,6	67,9	25
51,8	61,2	35
56,2	64,1	35

ESPECIFICAÇÃO

42,2	50,6	22
------	------	----

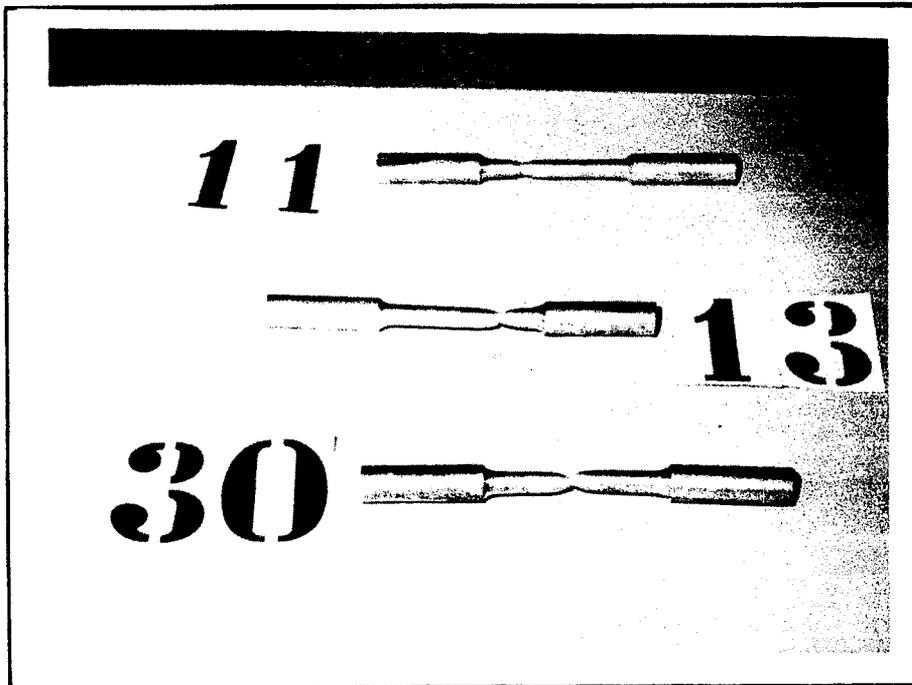


Fig. B.4 - Corpos de Prova Rompidos.

Julgamos que os valores obtidos e fornecidos tenham contribuído para a padronização e regulamentação dos critérios e cuidados de emendas metálicas.

ENGº FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLO
Supervisor do Laboratório de Concreto da CESP de Ilha Solteira.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ACI - 318.63 - ACI - Building Code.
- 2 - AWS - American Welding Society - "Recommended Practices for Welding Reinforcing - Steel".
- 3 - Handbook of Heavy Construction - John A. Havers - Frank W. Stubbs.
- 4 - NB. 1/60 - Norma Brasileira - 1/1960 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.
- 5 - EB - 3 - Especificação Brasileira 3 - da ABNT.
- 6 - PEB - 79 - Projeto de Especificação Brasileira da ABNT.
- 7 - PMB - 867 - Projeto de Método Brasileiro da ABNT.
- 8 - Catalogos da:
 - 8.1 - Thermit Welding Process - Thermex Metallurgical Inc.
 - 8.2 - Erico Products Inc.
 - 8.3 - Maquinas de Emendas Schlatter
- 9 - Relat6rios de Laborat6rio de Concreto - Ilha Solteira - CESP.

I N D I C E

- 1 - INTRODUÇÃO
 - 1a - Generalidades
 - 1b - Necessidades
 - 1c - Finalidades

- 2 - METODOS DE EMENDAS
 - 2a - Transpasse
 - 2b - Sobreposição com Deposição de Eletrodos
 - 2c - Dupla Sobreposição ou Cobrejunta
 - 2d - Soldagem de Pontos
 - 2e - Topo a Topo - Com eletrodo
 - 2f - Topo a Topo - Com Material Depositado em Luva
 - 2g - Topo a Topo - Com Luva
 - 2h - Topo a Topo - Por Caldeamento do Proprio Material
 - 2i - Emendas de Barras a Compressão

- 3 - ESPECIFICAÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO DE BARRAS EMENDADAS E DISCUSSÃO DOS VALORES.

- 4 - PMB - 857 - ESTÁGIO EXPERIMENTAL - VERIFICAÇÃO DE EMENDAS METALICAS DE BARRAS PARA CONCRETO ARMADO
 - 4.1 - Objetivo
 - 4.2 - Amostragem
 - 4.3 - Ensaio
 - 4.4 - Resultados

- ANEXO I - Condições Impostas sobre o P.M.B. - 857

- ANEXO II- Orientações Executivas Referente P.M.B. - 857

- ANEXO III-Descrição de Ensaio de Metal Usado como Eletrodo.