

# **EMENDAS COM SOLDA**

## **Cuidados e procedimentos básicos na confecção de emendas**

*Andrade, José L. M.<sup>1</sup>*

*Secco, Arnaldo M. R.<sup>2</sup>*

### **RESUMO**

A emenda de barras de aço destinadas a concreto armado apresenta grande uso na recuperação e construção das armaduras de concreto. Dentro destas, a emenda com solda tem grande importância devido ao custo relativamente baixo, uso de mão de obra facilmente encontrada e por permitir a realização de emendas em locais de difícil acesso.

O aumento na construção civil da execução de emendas com solda, utilizando eletrodo ou por caldeamento, levou as usinas siderúrgicas ao desenvolvimento de barras de aço CA50 soldáveis.

Um dos problemas atuais na utilização destas emendas é a dificuldade de estabelecer um procedimento preciso a ser seguido durante a sua confecção pois existe uma grande quantidade de informações existentes em inúmeras normas brasileiras.

Este trabalho apresenta uma compilação das várias normas brasileiras referentes à utilização de emendas com solda e os cuidados básicos a tomar para garantir a segurança da estrutura. São apresentados ainda as características do eletrodo e os parâmetros da máquina de solda (voltagem e amperagem) a serem utilizados na confecção da emenda, bem como o procedimento básico para execução e controle de emendas executadas no campo.

Utilizando as indicações e procedimentos estabelecidos neste trabalho, foram feitas emendas em diversas bitolas de aço e os resultados dos ensaios são apresentados para análise.

O objetivo deste trabalho é de servir como orientação para os profissionais que necessitarem utilizar a emenda com solda em suas obras.

---

<sup>1</sup> Assessor Técnico da Área de Marketing da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira

<sup>2</sup> Engenheiro de Assistência Técnica da Belgo-Mineira, Usina de Piracicaba – SP

## INTRODUÇÃO

Nas áreas de atendimento das usinas siderúrgicas do grupo Belgo-Mineira existem consultas freqüentes de clientes e não-clientes sobre o assunto solda. As dúvidas vão desde as diferenças entre material denominado de soldável e o comum, como se faz e o que se observa no ensaio até qual tipo de emenda utilizar e o tipo de eletrodo mais adequado.

Para atendimento às necessidades iniciais desses usuários foi desenvolvido este trabalho. O objetivo foi o de explicar quais as normas brasileiras utilizadas na execução de emenda e os pontos principais a atentar em cada uma delas, bem como estabelecer um procedimento para execução de emendas por solda com eletrodo e por caldeamento e que possa servir de base para início de trabalho para um usuário. Por fim apresentamos os resultados obtidos em material CA50 emendado utilizando as nossas indicações.

### 1 – Tipos de emendas previstos na norma ABNT NBR 6118

Segundo a NBR 6118 (Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimento) as emendas podem ser:

- Por traspasse,
- Com luvas rosqueadas,
- Com solda, com eletrodo ou por caldeamento (por pressão),
- Com outros dispositivos devidamente justificados.

## 2 – Normas brasileiras sobre soldas de vergalhões

Existem várias normas brasileiras que tratam sobre a execução e controle de soldas executadas em barras e fios de aço destinados a concreto armado. As principais são:

### 2.1 – NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado

Como não poderia deixar de ser, devido a sua abrangência, esta é a norma que tem mais indicações sobre emenda de barras por solda. Os itens 6.3.5.4 e 10.4.1 apresentam as indicações que são apresentadas a seguir.

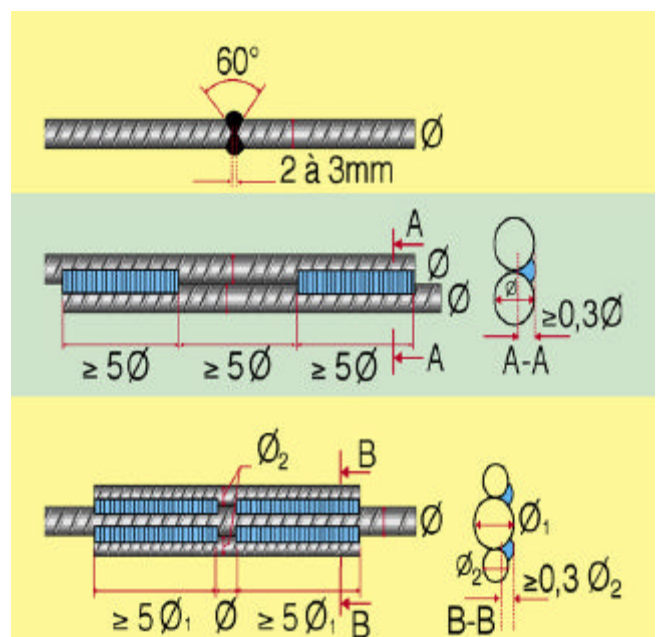
- As emendas com solda podem ser:
  1. de topo, por caldeamento, para bitola  $\geq 10$  mm;
  2. de topo, com eletrodo, para bitola  $\geq 20$  mm;
  3. por traspasse com pelo menos 2 cordões de solda longitudinais, cada um deles com comprimento não inferior a  $5 \varnothing$ , afastados no mínimo  $5 \varnothing$ ;
  4. com outras barras justapostas (cobrejuntas), com cordões de solda longitudinais, fazendo-se coincidir o eixo baricêntrico do conjunto com o eixo longitudinal das barras emendadas, devendo cada cordão ter o comprimento de pelo menos  $5\varnothing$ ;
- É apresentado a seguir um desenho esquemático das emendas com solda;

- As emendas podem ser realizadas na totalidade das barras em uma seção transversal da peça. Considera-se como na mesma seção as emendas que de centro a centro estejam afastadas menos de  $15 \varnothing$  medidos na direção do eixo da barra;
- A resistência de cada barra emendada será considerada sem redução; se tratar-se de barra tracionada e houver preponderância de carga acidental, a resistência será reduzida de 20 %;
- As emendas devem ser convenientemente espaçadas para permitir uma boa concretagem;
- As máquinas de solda devem ter características elétricas e mecânicas apropriadas à qualidade / bitola da barra e ser de regulação automática;
- Nas emendas por pressão (caldeamento) as extremidades devem ser planas e normais aos eixos e nas com eletrodos devem ser chanfradas, devendo-se limpar perfeitamente as superfícies. O corte com serra de disco ou manual normalmente são suficientes;
- A solda de barras de aço CA50 deverá ser feita com eletrodos adequados, preaquecimento e resfriamento gradual;
- Realizar ensaios prévios da solda na forma, com o equipamento e pessoal a serem empregados, assim como os ensaios posteriores de controle conforme NBR 11919;
- Se qualquer resultado dos ensaios prévios (emendados ou não emendados) não satisfizer às especificações, deverá

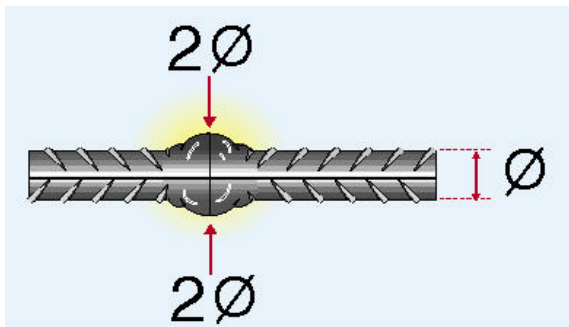
ser procurada a causa da deficiência (no material, processo de solda ou desempenho do operador) e, feitas as devidas correções; os ensaios deverão ser repetidos;

- Se a média aritmética do oitavo inferior dos resultados dos ensaios de controle for menor que o valor especificado para o aço empregado, todo o lote será considerado com essa Resistência a Ruptura e com a Resistência ao Escoamento correspondente a Ruptura dividida por 1.2 para o aço Classe A (em qualquer caso), devendo ajuizar-se, em face do projeto e da localização da emenda na estrutura, da possibilidade ou não do emprego das barras do lote.

**Desenhos, na seqüência, topo com eletrodo, por traspasse, com barras justapostas**



## Desenho de emenda de topo por caldeamento



### 2.2 – NBR 7480 – Barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado

A última revisão desta norma em 1996 retirou os critérios de amostragem de barras emendadas já que uma outra norma, a NBR 8965, estava sendo revisada e trataria sobre estes critérios. Esta revisão não ocorreu e os critérios de amostragem normalmente utilizados são os da revisão anterior da NBR 7480 de 1985 que em seus itens 5.2, 5.5, 6.5, 6.8.3 e 7.1.1 indicam:

- Barras emendadas devem satisfazer ao limite convencional à ruptura das barras não emendadas;
- Barras de aço podem ser soldadas de acordo com a NBR 6118. Barras com características especiais de soldabilidade devem respeitar especificação própria;
- A amostragem das barras devem ser feitas por tipo de emenda;
- Para cada conjunto de 50 emendas deve ser retirado um exemplar; para

conjuntos inferiores a 50 emendas ou quantidades fracionadas deve ser retirado também um exemplar. Se qualquer corpo-de-prova não satisfizer às exigências desta norma, devem ser retiradas duas contraprovas do conjunto correspondente;

- O conjunto de emendas é aprovado caso os resultados da prova ou das duas contraprovas sejam satisfatórios;
- A norma de ensaio indicada é NBR 8548 (Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emenda mecânica ou por solda – Determinação da resistência à tração – Método de ensaio);
- Ensaio de dobramento não é aplicável em em barras ou fios emendados.

É necessário ressaltar aqui a importância que assume o planejamento da atividade de solda com procedimentos precisos, a utilização de soldador ou operador de máquina treinado e a execução de ensaios prévios do processo para que as provas e contraprovas não falhem e tenhamos que refazer as emendas.

### 2.3 – NBR 8965 – Barras de aço CA42 S com características de soldabilidade destinadas a armaduras para concreto armado

Esta norma de 1985 criou uma nova categoria de aço, o CA42S, com 420 MPa de escoamento e 500 MPa de resistência para utilização em obras específicas onde a emenda com solda fosse amplamente

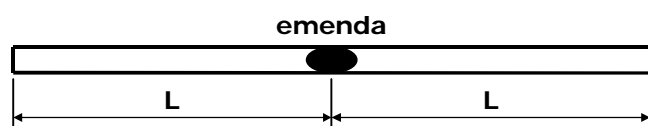
utilizada. Este mercado não deslanchou conforme o esperado e um número pequeno de pessoas tem conhecimento desta norma. A melhoria do material em relação a soldabilidade está relacionada aos limites menores de composição química especificados para este tipo de aço. A saber carbono máximo de 0,35%, manganês máximo de 1,50% e carbono equivalente máximo de 0,55%.

Não há qualquer indicação de amostragem e deve-se seguir as indicações da NBR 7480/1985 para ensaio de tração.

#### **2.4 - NBR 8548 - Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emenda mecânica ou por solda – Determinação da resistência à tração – Método de ensaio**

Esta norma prescreve o método a ser utilizado na determinação da resistência em barras com emenda de qualquer tipo e apresenta as seguintes indicações:

- Amostragem feita conforme NBR 7480/1985;
- Corpos de Prova: constituído de uma emenda entre duas barras de comprimento (L) mínimo de  $10 \varnothing + 100$ , onde:



- Procedimento para determinação da Resistência à Tração:

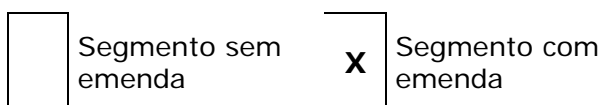
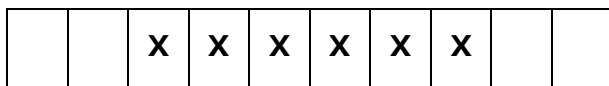
1. adequar o comprimento do corpo de prova emendado à máquina de ensaio;
2. conduzir o ensaio de tração conforme norma brasileira (NBR 6152 e NBR 7480) a fim de determinar o valor de carga de ruptura;
3. calcular o valor da resistência convencional a ruptura, utilizando o valor nominal da área da seção da barra e observar o local de ruptura.

#### **2.5 – NBR 11919 – Verificação de emendas metálicas de barras para concreto armado**

Esta norma estabelece o modo de ensaiar as barras emendadas para concreto armado. Para relembrar esta norma é citada na NBR 6118 (Projeto e execução de obras de concreto armado) para realização de ensaios prévios da solda na forma, com o equipamento e pessoal a serem empregados na obra, assim como os ensaios posteriores de controle da emenda. São indicações desta norma:

- os ensaios devem ser executados em duas fases: (a) Avaliação do processo de execução de emenda e do desempenho do operador e (b) Controle da aplicação, para sempre que houver modificação no processo ou operador, ou no máximo a cada 6 meses sem estas operações;

- As amostras serão de uma mesma barra sendo 6 segmentos com emenda e 4 segmentos sem emenda para comparação dos resultados entre eles. Esquema da localização das amostras em uma barra é apresentado a seguir.



- Para efeito do cálculo da resistência a área da seção do corpo-de-prova emendado será considerada igual à da barra de onde foi retirada;
- O ensaio de dobramento será feito somente nas amostras sem emenda, caso o aço não tenha sido previamente ensaiado para liberação.

### 3 - EXECUÇÃO DAS EMENDAS COM BARRAS DE AÇO

#### 3.1 – Emenda de topo por caldeamento

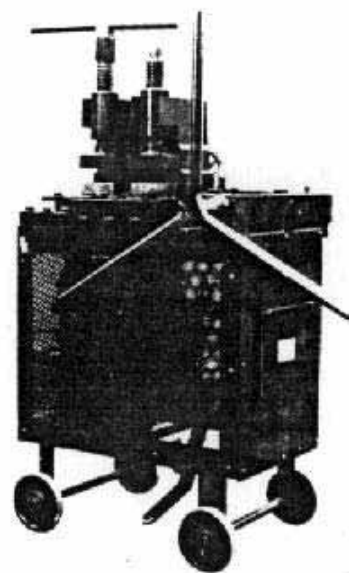
A emenda, normalizada apenas para bitolas não inferiores a 10 mm, ocorre através do aquecimento das extremidades das barras com a passagem de corrente elétrica seguindo-se de uma compressão mecânica, manual ou automática (em função dos recursos do equipamento disponível), e resfriamento gradativo à temperatura ambiente. Devido a característica de soldabilidade do

*BELGO 50*, não foi necessário controlar este resfriamento.

As extremidades das barras deverão ser as mais planas possíveis, cortadas preferencialmente com serra mecânica ou manual a 90°. Foram feitos cortes das extremidades das barras utilizando maçarico na preparação da superfície e os resultados obtidos mostram que isto não influenciou nas propriedades mecânicas das emendas, dificultando apenas o início do processo de aquecimento. Outros fatores que interferem na execução das emendas tais como presença de oxidação, tintas, etc., devido a isolação da superfície de contato, devem ser retirados através da limpeza com escovas de aço.

#### PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM:

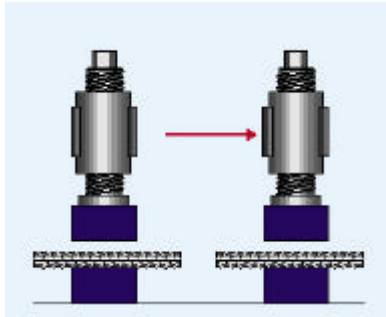
- Máquina para solda por caldeamento



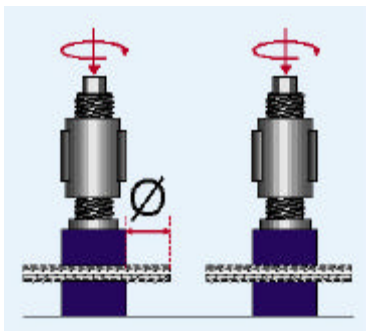
Utilizado equipamento fabricado pela SOLDATOPO MÁQUINAS E PRÉFABRICADOS LTDA.

O processo consiste nas seguintes etapas:

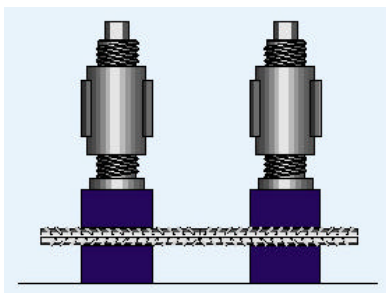
1. Posicionamento das matrizes de maneira suficiente para que as barras possam ser apoiadas e ajustadas nos mordentes;



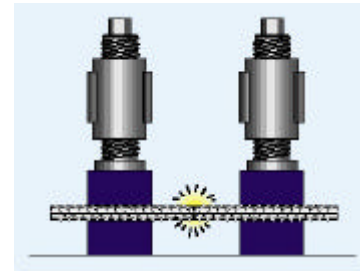
2. Apoio e travamento das barras a serem emendas mantendo as nervuras longitudinais alinhadas e niveladas; deixando as pontas ultrapassar em aproximadamente um diâmetro as faces internas dos mordentes;



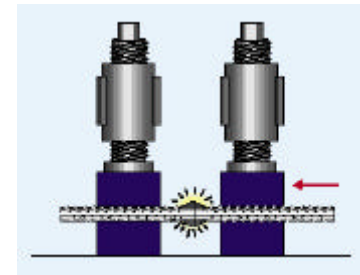
3. As extremidades das barras devem ser colocadas em contato através da utilização de dispositivo existente no equipamento;



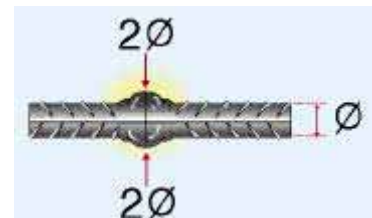
4. Acionamento do pedal de aquecimento. As extremidades se aqueceram a temperatura aprox. de 1100 °C;



5. Pressão constante e lenta das extremidades das barras utilizando o dispositivo existente, objetivando a formação de um bolete de aproximadamente 2 X BITOLA. Se necessário, pequenos toques no pedal de acionamento podem ser realizados, objetivando a manutenção da temperatura;



6. Resfriamento natural, em local seco.



## RESULTADOS

Foram emendadas barras de aço nas bitolas 10 mm; 12,5 mm; 16 mm; 20 mm e 25 mm, sendo 100 % das barras **BELGO 50** aprovadas nos ensaios mecânicos realizados conforme norma NBR 8548/84. Apesar de não exigido em norma, para comprovar a qualidade deste material soldável foram feitos ensaios de dobramento a 180° nas barras emendadas e estas não apresentaram trincas ou quebras.

### 3.2 - EMENDAS POR ELETRODO REVESTIDO.

As emendas de todas as bitolas dos aços **BELGO 50** podem ser realizadas pelo processo de soldagem manual à arco elétrico, através da adição de metal fornecido por uma vareta (eletrodo revestido) nas posições de topo a topo, traspasse ou justaposta.

Para estes tipos de emendas a presença de ferrugem, tintas, nata de concreto, etc. nas superfícies a serem soldadas acarretam em transtornos para o processo. Estas devem ser cuidadosamente limpas e preparadas pois afetarão na execução e nas propriedades mecânicas.

Os equipamentos necessários são os mesmos para todos os tipos de emendas, consistindo em uma fonte de tensão regulável, cabos elétricos e porta eletrodos. O soldador é item fundamental neste processo, portanto este deve ser cuidadosamente preparado e qualificado através de testes preliminares (exigidos pela norma NBR 6118).

O eletrodo utilizado foi o ESAB TIPO OK 48.04 (AWS E 7018) nos diâmetros 2,0 mm; 2,50 mm; 3,25 mm e 4,00 mm. Este deve ser guardado em estufa a temperatura de 40 °C para eliminação da umidade.

Devido as características de soldabilidade do **BELGO 50**, o controle no resfriamento, o pré-aquecimento e/ou o pós-aquecimento da barra são totalmente dispensáveis. Para os materiais CA 50 SEM CARACTERÍSTICA DE SOLDABILIDADE, estes controles são essenciais para se

evitar a fragilização das emendas através da formação de uma estrutura quebradiça na região soldada.

#### 3.2.1 - Emenda por traspasse com eletrodo revestido

Este tipo de emenda é permitido para as bitolas de 6,3 mm a 32 mm.

#### PROCEDIMENTO

- Regular corrente da Máquina de Solda de acordo com o diâmetro do Eletrodo a ser utilizado, conforme descrito a seguir:

Bitola (mm)	Tipo de Passe	Diâmetro do Eletrodo (mm)	Corrente (A)	Tensão (V)
6,3	Único	2,00	80	220
8,0	Único	2,00	80	220
10,0	Único	2,50	100	220
12,5	Raiz	2,50	110 - 130	220
	Acabamento	2,50	110 - 130	
16,0	Raiz	2,50	120 - 150	220
	Acabamento	3,25	150 - 170	
20,0	Raiz	2,50	110 - 130	220
	Acabamento	3,25	160 - 180	
25,0	Raiz	3,25	150 - 170	220
	Acabamento	4,00	240 - 260	

- Posicionar Eletrodo na caneta da máquina de solda;
- Limpar as superfícies a serem emendadas com escova de aço;
- Efetuar o contato entre o eletrodo e a superfície a ser soldada, com o objetivo de iniciar a deposição do material;
- Deve ser dado um ponto de solda nas extremidades da superfície a serem



emendadas, com o objetivo de posicioná-las e facilitar a execução do cordão de solda;

- O comprimento dos cordões de solda não deverá ser inferior a 5 Ø, afastados no mínimo 5 Ø;
- Os cordões de solda deverão ser formados por dois passes, denominados como passe de raiz e de acabamento, quando da emenda de materiais de bitola inferior a 12,5 mm, e de um único passe no caso de bitolas superiores a 10,0 mm;
- Após cada etapa de execução de cada cordão de solda, o soldador deverá promover a retirada da carepa e limpeza da região soldada, com escova de aço;

## RESULTADOS

- Foram emendadas barras de aço nas bitolas de 6,3 mm a 25 mm, com 100 % das barras **BELGO 50** aprovadas nos ensaios mecânicos realizados conforme norma NBR 8548/84. Apesar de não exigido em norma, para comprovar a qualidade deste material soldável foram feitos ensaios de dobramento a 180° nas barras emendadas e estas não apresentaram trincas ou quebras.

### 3.2.2 - Emenda por justaposição com eletrodo revestido

Este tipo de emenda é permitido para as bitolas de 6,3 mm a 32 mm.

## PROCEDIMENTO

- Regular corrente da Máquina de Solda de acordo com o diâmetro do Eletrodo a ser utilizado, conforme descrito a seguir:

Bitola (mm)	Tipo de Passe	Diâmetro do Eletrodo (mm)	Corrente (A)	Tensão (V)
6,3	Único	2,00	80	220
8,0	Único	2,00	80	220
10,0	Único	2,50	100	220
12,5	Raiz	2,50	110 - 130	220
	Acabamento	2,50	110 - 130	
16,0	Raiz	2,50	110 - 130	220
	Acabamento	3,25	150 - 170	
20,0	Raiz	2,50	110 - 130	220
	Acabamento	3,25	150 - 170	
25,0	Raiz	3,25	160 - 180	220
	Acabamento	4,00	240 - 260	

- Posicionar eletrodo na caneta da máquina de solda;
- Limpar as superfícies a serem emendadas com escova de aço;
- Efetuar o contato entre o eletrodo e a superfície a ser soldada, com o objetivo de iniciar a deposição do material;
- Deve ser dado um ponto de solda nas extremidades da superfície a serem emendadas, com o objetivo de posicioná-las e facilitar a execução do cordão de solda;
- O comprimento dos cordões de solda não deverá ser inferior a 5 Ø, afastados de 1 Ø;
- Os cordões de solda deverão ser formados por dois passes, denominados como passe de raiz e de acabamento, quando da emenda de materiais de

bitola inferior a 12,5 mm, e de um único passe no caso de bitolas superiores a 10,0 mm;

- Após cada etapa de execução de cada cordão de solda, o soldador deverá promover a retirada da carepa e limpeza da região soldada, com escova de aço;

## RESULTADOS

- Foram emendadas barras de aço nas bitolas de 6,3 mm a 25 mm, com 100 % das barras **BELGO 50** aprovadas nos ensaios mecânicos realizados conforme norma NBR 8548/84. Apesar de não exigido em norma, para comprovar a qualidade deste material soldável foram feitos ensaios de dobramento a 180° nas barras emendadas e estas não apresentaram trincas ou quebras.

### 3.2.3 – Emenda topo por eletrodo revestido:

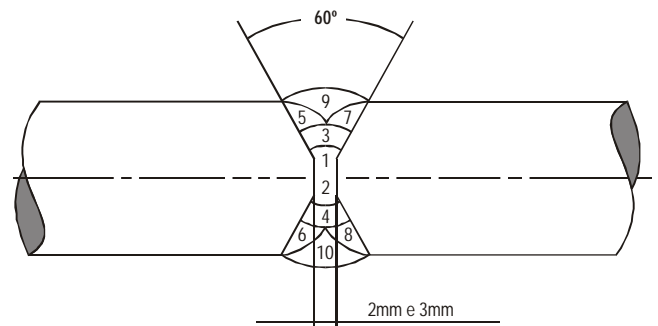
Este tipo de emenda é permitido apenas para as bitolas de 20 mm a 32 mm. Os topos das barras devem ser chanfradas em V a 60° utilizando-se preferencialmente serra mecânica ou manual. A utilização do maçarico para realização do chanfro demonstrou não influir nas propriedades mecânicas.

## PROCEDIMENTO

- Regulagem da máquina de solda de acordo com a bitola do material e diâmetro do eletrodo a ser utilizado, conforme descrito a seguir:

Bitola (mm)	Tipo de Passe	Diâmetro do eletrodo (mm)	Corrente (A)	Tensão (V)
20	Único	2,50	130 - 150	220
25	Único	3,25	130 - 150	220

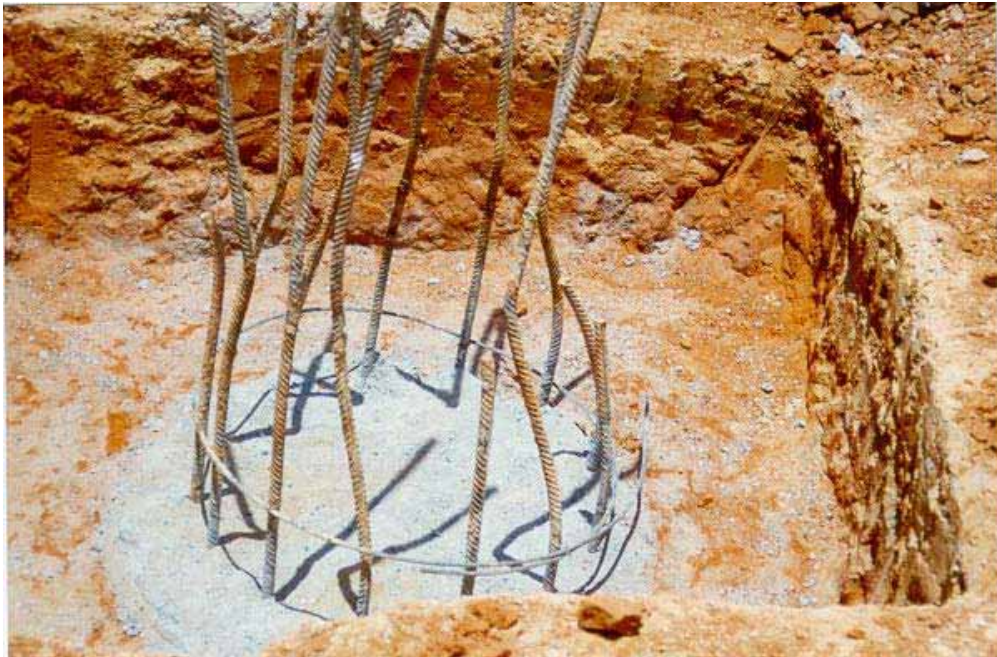
- Ponteamento nas extremidades das barras para posicionamento e fixação inicial da emenda;
- Execução da emenda com múltiplos passes, seguindo a seqüência do esquema a seguir;
- Em cada etapa de aplicação do cordão de solda, promover a retirada das carepas e limpeza da região soldada;
- Resfriamento natural e sem controle.



## RESULTADOS

- Foram emendadas barras de aço nas bitolas 20 mm e 25 mm, com 100 % das barras **BELGO 50** aprovadas nos ensaios mecânicos realizados conforme norma NBR 8548/84. Apesar de não exigido em norma, para comprovar a qualidade deste material soldável foram feitos ensaios de dobramento a 180° nas barras emendadas e estas não apresentaram trincas ou quebras.

**FOTOS**



*Base danificada por retroescavadeira e recuperada por solda*



*Amostras emendadas após ensaio de dobramento*



**Corpo de prova na máquina universal  
para ensaio de tração**