

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830
BT/PCC/256

**PRODUÇÃO E OBTENÇÃO DE BARRAS E
FIOS DE AÇO PARA CONCRETO ARMADO**

Oswaldo Cascudo
Paulo Roberto do Lago Helene

São Paulo – 2000

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Boletim Técnico - Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Antônio Marcos de Aguirra Massola
Vice-Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. João da Rocha Lima Junior

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Antônio Domingues de Figueiredo
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico
Prof. Dr. Alex Abiko

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

FICHA CATALOGRÁFICA

Cascudo, Oswaldo

Produção e obtenção de barras e fios de aço para concreto armado / O. Cascudo, P.R.L. Helene. -- São Paulo : EPUSP, 2000.

17 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/256)

1. Concreto armado 2. Aço carbono 3. Armaduras (Estruturas) I. Helene, Paulo Roberto do Lago II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série
ISSN 0103-9830

CDU 693.55
669.14
624.012.454

PRODUÇÃO E OBTENÇÃO DE BARRAS E FIOS DE AÇO PARA CONCRETO ARMADO

PRODUCTION OF STEEL BARS AND WIRES FOR REINFORCED CONCRETE

Oswaldo Cascudo - Professor Doutor da Escola de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Goiás

Paulo Helene - Professor Doutor da Escola Politécnica da Universidade
Universidade de São Paulo

RESUMO

Os objetivos deste boletim técnico são apresentar e discutir as principais etapas envolvidas na produção e obtenção das barras e fios de aço carbono para concreto armado, quais sejam: preparo das matérias-primas (coqueria e sinterização), produção do ferro-gusa (alto-forno), produção do aço (aciaria), refinamento e lingotamento, e conformação mecânica (laminação e trefilação). Em cada item do trabalho, apresenta-se uma descrição sumária da etapa em questão, comentando-se os aspectos mais relevantes relativos ao processo produtivo.

ABSTRACT

The purposes of this technical report are to present and discuss the main steps existing in the production of carbon steel bars and wires for reinforced concrete. These steps are: prepare of the raw materials, production of pig iron (blast furnace), production of steel (by melting), refining and casting in ingots, and mechanical working operations (hot-rolling and cold-drawing). In each section of the work, it is presented a brief description of the considered steps, as well as comments are made with regard to the productive process.

Palavras-chave: concreto armado, aço carbono, armadura, barra, fio, produção.

INTRODUÇÃO

A obtenção do aço decorre de uma série de operações de transformação metalúrgica e de conformação mecânica. Em síntese, pode-se dividir sua produção em cinco grandes etapas, a saber (DIAS, 1998): preparo das matérias-primas (coqueria e sinterização), produção do ferro-gusa (alto-forno), produção do aço (aciaria), refinamento e lingotamento, e conformação mecânica (laminação e trefilação). A Figura 1 ilustra esquematicamente os processos para produção do aço e, nos itens a seguir, apresenta-se uma descrição sumária de cada etapa.

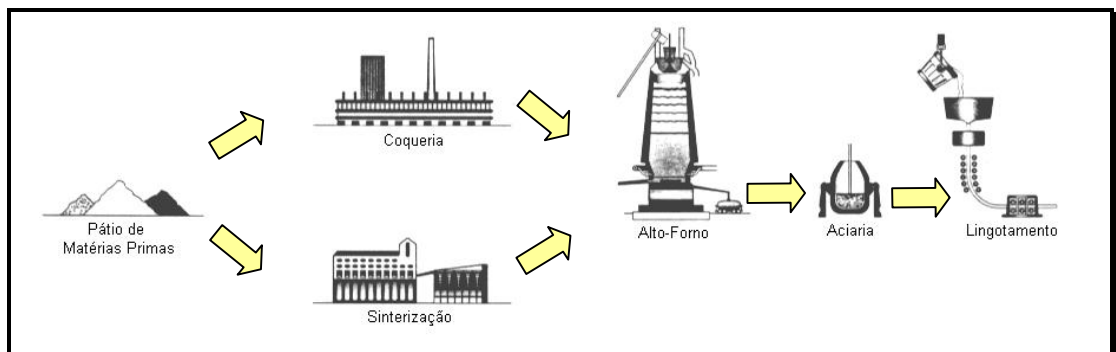


Figura 1 – Etapas básicas para produção do aço. (DIAS, 1998)

1 PREPARO INICIAL DAS MATÉRIAS-PRIMAS – COQUERIA E SINTERIZAÇÃO

Para a obtenção do aço são necessárias duas matérias-primas principais: o minério de ferro¹ e o carvão mineral. O carvão mineral destina-se a fornecer energia térmica e química necessárias à redução do minério de ferro; este, por sua vez, constitui a matéria-prima fundamental para a obtenção do aço.

Em relação ao carvão mineral, anteriormente à sua entrada no alto-forno, realiza-se nesta matéria-prima uma operação de eliminação de impurezas conhecida como *coqueificação*. Na coqueria, local onde se processa a coqueificação (constituído por uma série de fornos específicos), o carvão sofre destilação em ausência de ar, com liberação de substâncias voláteis, o que se dá a uma temperatura em torno de 1300°C, em média durante 18 horas. O produto resultante, o *coque metalúrgico*, é um resíduo poroso composto basicamente de carbono, com elevada resistência mecânica e alto ponto de fusão. Desta feita, o coque é encaminhado ao alto-forno, enquanto finos de coque são enviados à sinterização e aciaria. Segundo DIAS (1998), a matéria-prima mais importante na composição do custo de um alto-forno é o coque, participando com 60% do custo total dessa operação.

Similarmente ao caso do carvão, uma operação prévia é feita com o minério bruto, antes de sua entrada no alto-forno. Esta operação chama-se *sinterização*, que nada mais é do que uma aglutinação de finos de minério, tendo em vista teores elevados destes finos dificultarem a entrada de ar e diminuírem a velocidade com que o ar pode entrar para executar a combustão. O processo de sinterização em si consiste na adição de um fundente (finos de calcário ou areia silicosa, além dos finos de coque) aos finos de minério, levando o conjunto a um forno para fundir a mistura. Após o resfriamento e britagem, obtém-se como resultado do processo, o *sínter*, isto é, partículas sólidas de dimensão média superior a 5 mm. (DIAS, 1998)

¹ MINÉRIO DE FERRO representa o ferro presente na natureza sob a forma de óxidos e hidróxidos de ferro.

Com a obtenção do coque e do sinter, parte-se então para a produção do ferro-gusa, no alto-forno.

2 OBTENÇÃO DO FERRO-GUSA

O ferro-gusa é um produto primário no ciclo da produção do aço, sendo oriundo da redução inicial do minério de ferro em um alto-forno. Esta redução é resultante da combinação do carbono presente no coque com o oxigênio do minério, em uma reação exotérmica. Em proporções adequadas, conforme se vê na Figura 2, são adicionadas quantidades de minério (na forma de sinter), coque ou carvão vegetal e um fundente, em geral o calcário. Como o fundente tem ponto de fusão mais baixo, ele corresponde inicialmente à fase líquida da mistura e se destina, portanto, a fluidificar as impurezas e formar uma escória mais fusível (COLPAERT, 1974).

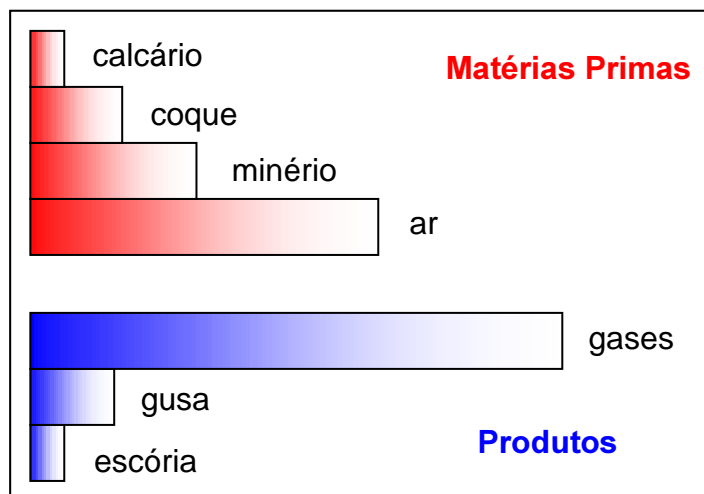


Figura 2 – Proporção em massa do que entra e sai de um alto-forno. (COLPAERT, 1974)

A carga das matérias-primas sólidas em questão no alto-forno (que se trata de um forno vertical) dá-se pela sua parte superior, em geral por meio de carrinhos de um elevador inclinado, podendo também ocorrer mediante ponte rolante. Na

verdade, a carga ocorre em uma ante-câmara, que reduz ao máximo a perda de gases durante essa operação.

A queima contínua do coque ou carvão vegetal, ativada pela insuflação de ar, fornece calor necessário à fusão do material. Calor e óxido de carbono vão reduzindo o minério de ferro, sendo que o excesso de carbono carbonata o ferro resultante. Tem-se, então, no estado de fusão, o gotejamento do ferro no cadinho, na parte inferior do alto-forno. A escória, por ser mais leve que o ferro (sua densidade é da ordem de 2,7 em comparação com cerca de 7 para o ferro), flutua no material líquido, sendo facilmente separável através de orifícios existentes a certa altura do cadinho. O ferro, por sua vez, é retirado por escoamento do líquido através de aberturas no fundo do cadinho.

Dessa forma, obtêm-se três produtos básicos: o material líquido, o então chamado ferro-gusa; a escória de alto-forno e os gases.

O ferro gusa é, portanto, um produto bruto, com teores de carbono entre 3,5 e 4,5%, que em geral esfria até se tornar sólido, sendo comercializado em blocos. Tal produto representa uma das matérias-primas à obtenção posterior do aço. De acordo com COLPAERT (1974), a produção de gusa em cada 24 horas é de 50 a 1000 toneladas, conforme o tamanho do alto-forno.

A escória é um sub-produto inevitável nos processos siderúrgicos, sendo constituída em sua maior parte de aluminossilicatos de cálcio sob a forma vítrea. Ela resulta da combinação dos minerais da ganga do minério de ferro, das cinzas do coque e o calcário ou dolomito utilizados como fundentes, tendo atualmente uma importante atuação no indústria cimenteira, especificamente na obtenção do cimento Portland de alto-forno, o CP III. Sua estrutura vítrea e alta reatividade, requisitos essenciais ao seu uso no cimento, são obtidos mediante resfriamento rápido, quando a escória é vertida em tanques com água, os chamados tanques de granulação. O produto final é então denominado *escória granulada de alto-forno*. (BATTAGIN; ESPER, s. n. t.)

Finalmente, os gases, ricos em monóxido de carbono, saem pela parte superior do alto-forno e são recolhidos para sua utilização como combustível. Antes, porém, eles são purificados, de maneira a se retirar poeira. A Figura 3 ilustra esquematicamente um alto-forno.

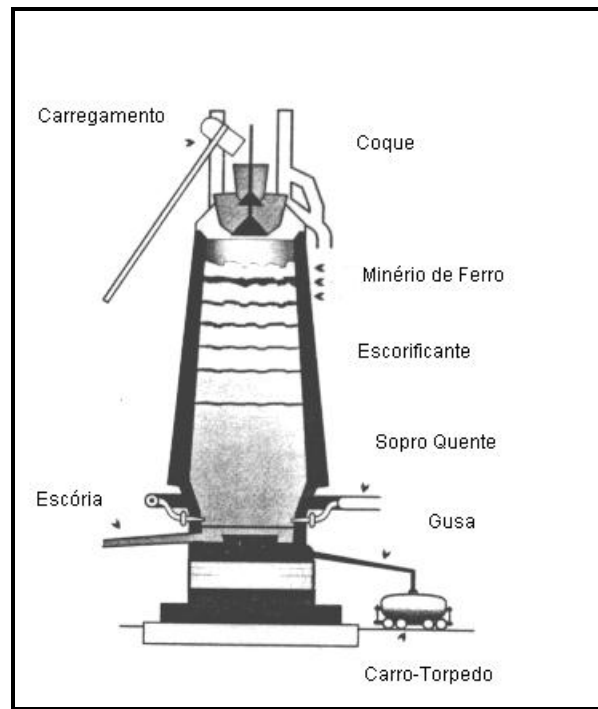


Figura 3 – Representação esquemática de um alto-forno. (DIAS, 1998)

3 PRODUÇÃO DO AÇO - ACIARIA

Constitui-se matéria-prima à produção do aço o ferro-gusa e, de maneira não excludente, sucatas de aço ou ferro fundido. Os ferro-ligas, ou seja, ligas de ferro com outros metais em teores relativamente elevados, também são matéria-prima à produção do aço, sendo, em especial, destinados a servir como adição para ajuste da composição química.

A partir de um pátio de sucata, este tipo de matéria-prima se junta ao ferro-gusa e, em proporções adequadas, ambos são adicionados ao forno. Cabe salientar que em função do tipo de forno empregado e da disponibilidade de matéria-prima, às vezes só o gusa é empregado e outras vezes apenas é

refinada a sucata de aço, cabendo ao ferro-liga um uso mais restrito, mormente quando se requer ajuste na proporção especificada.

A retirada do material do pátio da sucata se dá muitas vezes através de transportador dotado de eletroimã, o qual, dadas as características ferromagnéticas dos aços, atrai para si a matéria-prima e a conduz para grandes recipientes conhecidos como “cestões”. Determinado número de “cestões” definem uma corrida de aço sólido.

A etapa seguinte é então a condução dos “cestões” até o forno e a descarga da matéria-prima para queima ou calcinação. Com esta operação, cumpre-se a finalidade da aciaria, qual seja, transformar ferro-gusa em aço.

Diversos são os tipos de fornos existentes, dentre os quais pode-se citar o conversor Bessemer, o Siemens-Martin, o forno elétrico etc. A seguir tem-se algumas considerações sobre os citados fornos.

3.1 Conversor Bessemer

Este forno somente refina o ferro gusa, o qual sempre é introduzido no estado de fusão. O seu princípio é o da passagem de ar comprimido ou oxigênio através da massa líquida, a qual oxida e elimina as impurezas e o carbono, mantendo elevada a temperatura do material em fusão, que gira em torno de de 1700°C (DIAS, 1998).

3.2 Forno Siemens-Martin

Trata-se de um forno horizontal longo, com diversas aberturas laterais por onde se processa a carga, sendo o escoamento do aço líquido feito por intermédio de canalículos que vêm do fundo do “leito” do forno e saem em sentido oposto às aberturas de carga.

O calor no interior do forno é conseguido mediante a queima de um combustível gasoso ou a óleo que é insuflado em uma das extremidades do forno. Os gases por sua vez são exalados pela extremidade oposta, não sem antes passarem por um recuperador, que nada mais é do que um empilhamento de tijolos na parte inferior do forno. Isto é necessário para que tais gases, de elevada temperatura, possam ceder calor antes de se dirigirem às chaminés.

Informações de COLPAERT (1974) salientam que a produção diária dos fornos Siemens-Martin varia de 60 a 350 toneladas, conforme o tamanho do forno; e que a duração de uma corrida de 100 toneladas, por exemplo (desde o carregamento até o vazamento), é da ordem de 12 horas. A Figura 4 destaca de forma esquemática um forno Siemens-Martin.

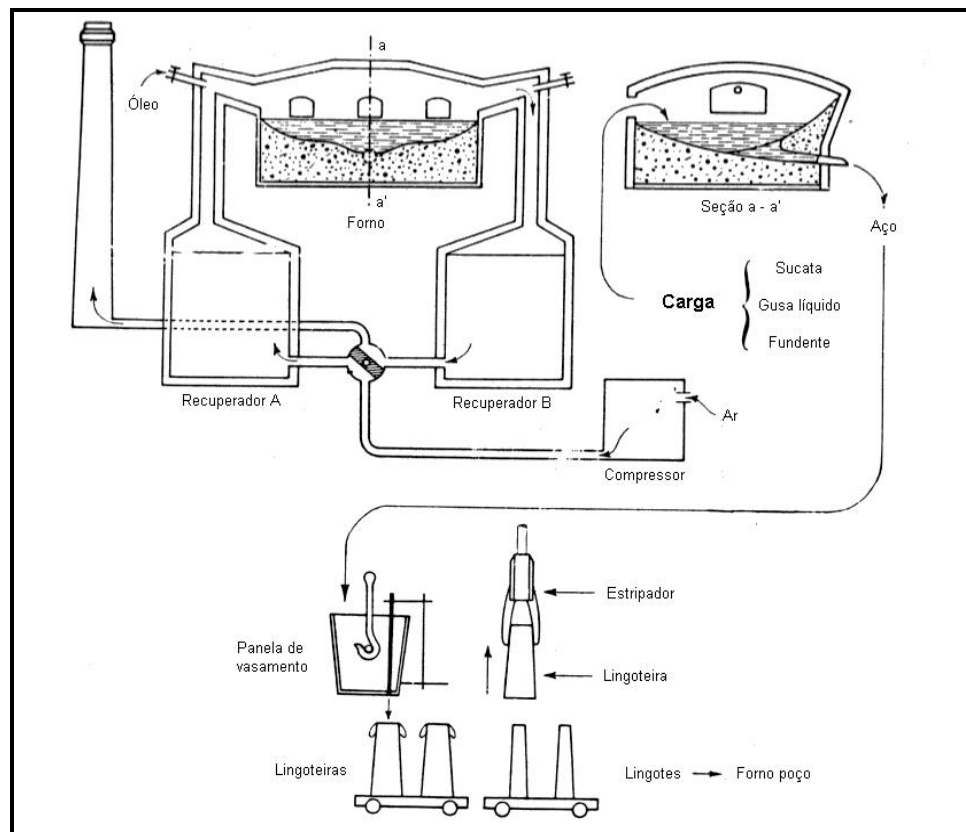


Figura 4 – Representação esquemática de um forno Siemens-Martin. (COLPAERT, 1974)

3.3 Forno Elétrico

O forno elétrico ou forno elétrico a arco na realidade é um grande recipiente, basculante, com duas aberturas diametralmente opostas; sendo uma para carga do material sólido e a outra por onde é vertida a massa líquida, conforme se vê na Figura 5.

O calor é fornecido pelo arco voltaico que se forma entre os três eletrodos verticais, geralmente de grafite, e o banho; o qual funde a matéria-prima e produz o “aço líquido”. A temperatura neste estado varia de 1590°C a 1700°C² aproximadamente.

Durante a queima do material é comum a injeção de oxigênio, que ajuda a esquentar a corrida, fundir mais rapidamente o material sólido e queimar carbono; a partir deste procedimento fica nítida a separação da escória do aço líquido.

Há uma grande variação no tamanho dos fornos elétricos, cuja produção em toneladas de aço por corrida se estende desde ½ até 100 toneladas (COLPAERT, 1974). Dados fornecidos pela Belgo-Mineira informam que uma corrida de 100 toneladas de matéria-prima (correspondente a dois “cestões” de 50 t), o que representa cerca de 86 toneladas de aço pronto, dura 40 minutos aproximadamente. Isto significa uma produção de 2000 t/dia e 57 000 t/mês.

² A capacidade do transformador nestes casos é da ordem de 48 000 V, de modo a se atingir o nível de temperatura em questão.

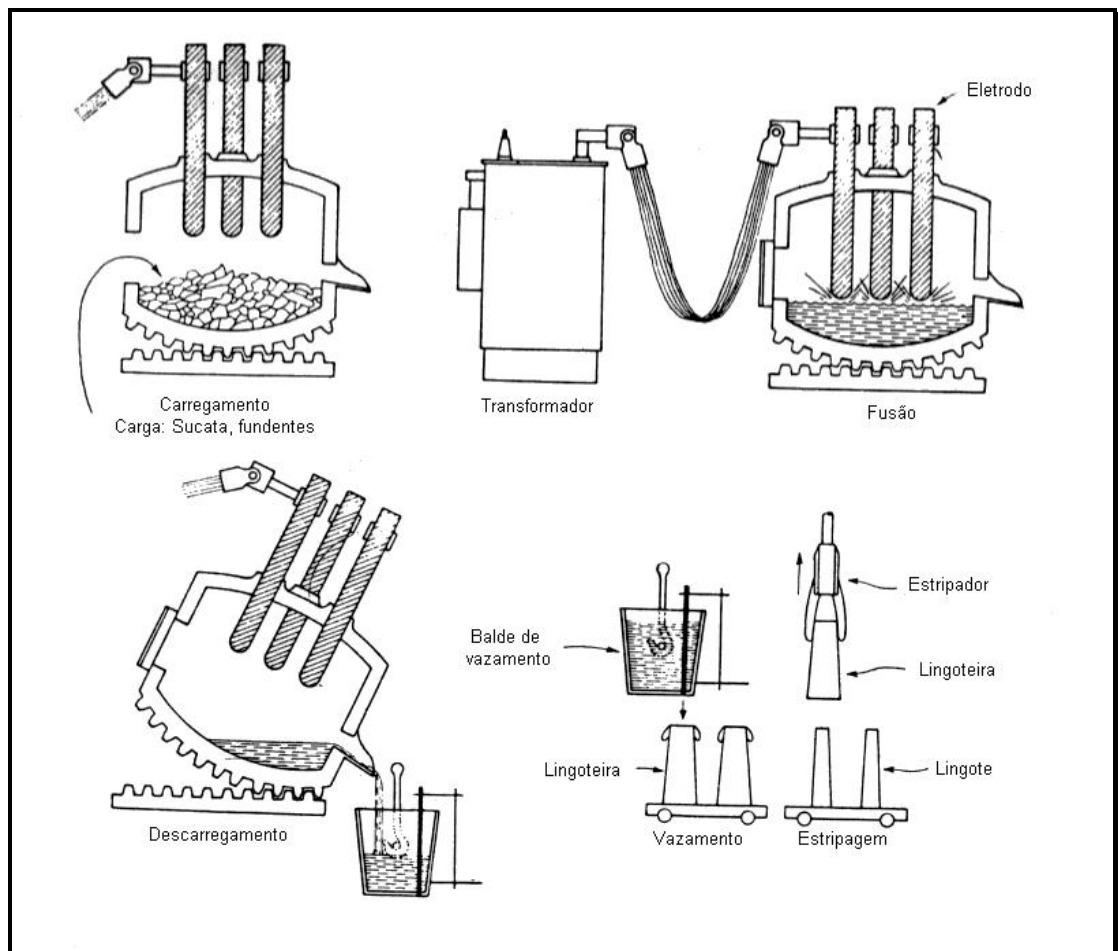


Figura 5 – Representação esquemática de um forno elétrico, tipo Heroult. (COLPAERT, 1974)

4 REFINAMENTO E LINGOTAMENTO

Após a passagem pelo forno principal, o aço líquido é vertido em um balde de vazamento ou panela e levado a fornos menores para refino e ajuste de sua composição final. Esses fornos podem ser do tipo elétrico, também com três eletrodos de grafite, sendo conhecidos como *fornos panela*, nos quais o aço permanece por cerca de quarenta minutos a uma temperatura da ordem de 1600°C.

Em geral, ao final do período no forno de refino, amostras de cada corrida são retiradas e enviadas a laboratório para fins de controle de qualidade. Por meio

de técnicas como a espectrometria ótica, por exemplo, elementos químicos são determinados e a composição química avaliada. Em função dos resultados, o aço líquido pode receber ferros-ligas, de maneira que o produto final se enquadre dentro dos limites requeridos.

Cessada a etapa de refino, o aço é submetido ao processo de lingotamento contínuo. Através de uma única abertura no fundo da panela, o aço líquido é escoado para um distribuidor, que então distribui o volume de material líquido de modo a escoá-lo simultaneamente através de vários furos existentes no fundo do distribuidor, conforme pode-se ver na Figura 6. Abaixo de cada furo do distribuidor existe um molde de seção quadrada que recebe o aço líquido e dá forma ao material. A este molde dá-se o nome de lingoteira, a qual, por ser refrigerada com água, é conhecida como lingoteira refrigerada. O aço líquido é, portanto, vazado para as lingoteiras ainda em estado rubro, com temperatura ao redor de 1200°C , sendo conseqüentemente resfriado ao ar, ao mesmo tempo em que vai se solidificando na forma de barras de seção quadrada. Estas barras são cortadas em tamanhos adequados para a etapa seguinte do processo que é a laminação, em torno de 15 metros.

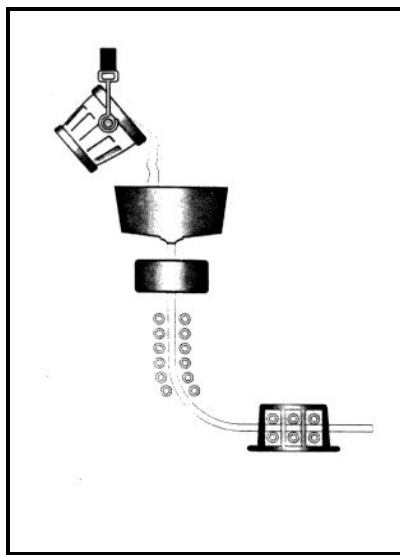


Figura 6 – Representação esquemática do processo de lingotamento do aço. (DIAS, 1998)

5 CONFORMAÇÃO MECÂNICA

A seguir são descritas as etapas de conformação mecânica aplicadas aos aços para concreto armado, a saber, laminação a quente e trefilação, esta aplicada apenas aos fios de aço CA-60.

5.1 Laminação a Quente

A etapa de laminação a quente, por que passam todos os aços destinados ao uso como armaduras para concreto armado, basicamente consiste de um reaquecimento das barras e submissão a um esforço de compressão lateral e posteriormente diametral (quando os paralelepípedos se transformam em cilindros), de maneira a haver redução de seção transversal, conforme salienta o esquema da Figura 7.

Inicialmente leva-se as barras a um forno de reaquecimento, elevando-se a temperatura do aço até 1200°C aproximadamente, que é a temperatura dita de laminação. Neste nível de temperatura o aço já adquire a coloração rubra.

A partir daí, os aços são forçados a passar pelos trens de laminação, que em geral são divididos em três categorias: trens desbastadores, trens intermediários e trens acabadores. Cada um destes trens é composto de vários segmentos ou “gaiolas” (em torno de 7 ou 8), os quais contém jogos de cilindros que exercem a compressão lateral da barra, de modo que a passagem por cada “gaiola” implica em reduções paulatinas da seção transversal. Nos trens acabadores, discos de laminação especiais exercem a compressão, propiciando assim o acabamento final em forma de barras cilíndricas e a gravação da marca do fabricante. No caso das barras de aço CA-50, é nesta etapa que é dado o aspecto corrugado, caracterizado pelas nervuras em alto relevo.

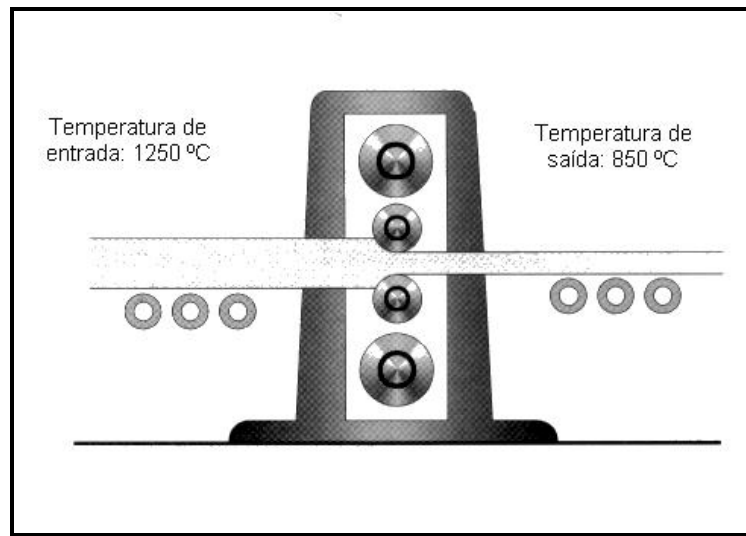


Figura 7 – Esquema do processo de laminação a quente para os aços destinados a armaduras para concreto armado. (DIAS, 1998)

O processo de laminação a quente implica então em elevação da temperatura do aço, aplicação de esforço mecânico de compressão lateral ou diametral e posterior resfriamento dos produtos finais. Neste resfriamento, o contato do metal quente que sai dos trens de laminação com o meio ambiente provoca uma oxidação superficial na barra, criando-se uma camada superficial de óxidos sobre o metal, a chamada “carepa de laminação”. Esta carepa é tanto mais espessa e definida quanto mais brusco é o resfriamento. No caso dos aços CA-50, há um tratamento térmico de têmpera, que propicia ao aço, pelo menos em uma certa espessura periférica da seção transversal, a adoção de uma microestrutura martensítica³. Isto se dá com um brusco resfriamento em água dos vergalhões, à saída dos trens de laminação, cuja conseqüência inevitável é a consolidação de uma consistente carepa de óxidos de coloração cinza ou azulada, considerada por muitos como protetora da corrosão atmosférica e até mesmo da corrosão no interior do concreto.

³ MICROESTRUTURA MARTENSÍTICA: é considerada uma solução sólida supersaturada a metaestável de carbono em ferro α (ferrita), apresentando uma estrutura tetragonal de corpo centrado, isto é, uma célula unitária correspondendo a um prisma reto de base quadrada, com as arestas laterais diferentes das arestas da base. Esta microestrutura contém grandes tensões internas, haja vista ser obtida mediante processo de têmpera, estando o carbono forçosamente distribuído na rede cristalina da ferrita. No exame de superfície polida, a martensita é vista sob forma de "agulhas".

5.2 Trefilação

A trefilação é o processo industrial final da produção do aço, aplicado apenas às armaduras CA-60. Consiste em submeter os rolos de fio-máquina a uma deformação a frio, através de um procedimento de “estiramento” do aço, como se refere a NBR 7480 (ABNT, 1996). Dessa forma, os fios de aço são forçados a passar através de vários anéis ou fieiras, cujo diâmetro de entrada (em cada anel) é maior que o diâmetro de saída. O resultado é uma deformação microestrutural, com alongamento dos grãos paralelamente ao esforço de tração, conforme se vê na Figura 8.

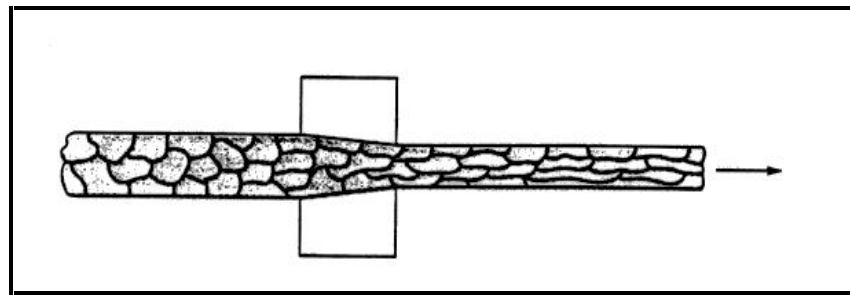


Figura 8 – Ilustração do processo de trefilação, destacando a redução de seção do aço e uma orientação preferencial dos grãos, segundo a direção paralela ao esforço de tração. (SHACKELFORD, 1996)

Cada conjunto de anéis ou fieira reduz em cerca de 20% a seção transversal do aço, de maneira que a passagem total pelo trefilador implica em quatro ou cinco reduções.

Informações operacionais ressaltam a necessidade de se promover, anteriormente à trefilação, uma decapagem dos fios que vêm dos laminadores. Esta decapagem visa basicamente remover a carepa de laminação e é feita mediante banhos de ácido clorídrico, por exemplo, seguidos de banhos com água e, no final, banhos com cal para neutralizar. Durante a passagem pelas primeiras fieiras, é comum usar-se sabão seco, para lubrificar e melhorar o trabalho de trefilação. Na última fieira é dado um entalhe na superfície metálica, geralmente em baixo relevo, com o objetivo de tornar mais áspera a superfície, melhorando assim a posterior aderência com o concreto. Ao final de todo o

processo pode-se passar óleo na superfície dos fios de aço, dando-lhes uma proteção adicional contra a corrosão pelo ambiente, haja vista o produto em questão não conter mais carepa de laminação.

O aço trefilado, sob o ponto de vista estrutural, sofre escorregamento de cristais, de forma que deformações permanentes ou plásticas resultam após todo o processo (JASTRZEBSKI, 1959). Diz-se então que o aço sofreu encruamento. Desta feita, escorregamentos posteriores tornam-se mais difíceis e a consequência imediata é um aumento na dureza (VAN VLACK, 1970). SHACKELFORD (1996) destaca que o mecanismo que explica esse aumento na dureza está baseado na resistência à deformação plástica devida à alta densidade de discordâncias produzidas no trabalho a frio, entendendo-se essa densidade como o comprimento das linhas de discordâncias por unidade de volume. A estrutura encruada, portanto, apresenta grãos severamente distorcidos, sendo bastante instável; os cristais neste caso têm mais energia em comparação com os cristais não deformados, já que estão cheios de discordâncias e outras imperfeições. Havendo oportunidade, os átomos desses cristais se acomodarão de forma a se ter um arranjo perfeito e não deformado (JASTRZEBSKI, 1959); isto é passível de ocorrer mediante tratamentos térmicos, como o recozimento por exemplo.

Um dos resultados que parece de fato existir a partir do nível energético mais elevado e maiores imperfeições de uma estrutura encruada é a diminuição da resistência à corrosão, conforme salientam diversos autores de destaque na área de ciência e tecnologia de materiais (JASTRZEBSKI, 1959; VAN VLACK, 1970; GUY, 1980; ASKELAND, 1990; SHACKELFORD, 1996). Outras propriedades são significativamente alteradas com a trefilação, a saber, tem-se aumentados o limite de escoamento e a resistência à tração, reduzindo-se em contrapartida a ductilidade (estricção e alongamento), tendo em vista parte da alongação ser “consumida” durante a deformação a frio (VAN VLACK, 1984).

A Figura 9 mostra diagramas de tensão-deformação para um aço encruado e outro recozido. Pode-se observar evidente os comentários do parágrafo

anterior, além do comportamento muito menos tenaz ou mais frágil do aço encruado.

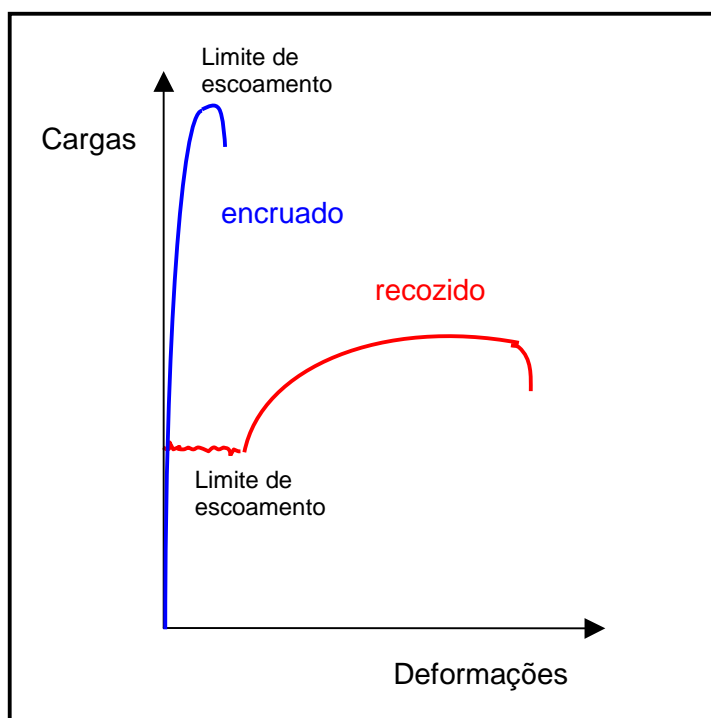


Figura 9 – Comparação entre o aspecto do diagrama tensão-deformação de um aço recozido e outro encruado.

A Tabela 1 destaca as variações em algumas propriedades quando do encruamento do aço.

Tabela 1 - Variação da resistência à tração, dureza, alongamento e resistência ao choque, com a passagem de um aço recozido para encruado. (COLPAERT, 1974)

Propriedades	Aços	
	Recozido	Encruado
Resistência à tração	400 MPa	700 MPa
Dureza Brinell	100	200
Alongamento em 10 ϕ	35%	5%
Resistência ao choque	18 kgm	2 kgm

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASKELAND, D. R. **The science and engineering of materials**. 2. SI ed. London, Chapman & Hall, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado**; especificação; NBR 7480. Rio de Janeiro, 1996.
- BATTAGIN, A. F.; ESPER, M. W. **Contribuição ao conhecimento das propriedades do cimento Portland de alto-forno**. São Paulo, ABCP, s. n. t.
- COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 3. ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1974. 412 p.
- DIAS, L. A. M. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. 2. ed. São Paulo, Zigurate Editora, 1998. 159 p.
- GUY, A.G. **Ciência dos Materiais**. Rio de Janeiro, LTC/EDUSP, 1980.
- JASTRZEBSKI, Z. D. **Nature and properties of engineering materials**. New York and London, John Wiley & Sons, Inc.; Tokyo, Toppan; 1959.
- SHACKELFORD, J. F. **Introduction to materials science for engineers**. 4. ed. New Jersey, USA, Prentice - Hall / Simon & Schuster/A, 1996.
- VAN VLACK, L. H. **Princípios de ciência dos materiais**; trad. FERRÃO, L. P. C. São Paulo, Edgard Blücher, 1970. 427 p.
- VAN VLACK, L. H. **Princípios de ciência e tecnologia dos materiais**; trad. MONTEIRO, E. 4. ed. Rio de Janeiro, Campus, 1984. 567 p.

BOLETINS TÉCNICOS PUBLICADOS

- BT/PCC/237 Dosagem de Argamassas através de Curvas Granulométricas. ARNALDO MANOEL PEREIRA CARNEIRO, MARIA ALBA CINCOTTO. 37p.
- BT/PCC/238 Estudo da Difusão do Oxigênio no Concreto. PAULO FANCINETE JÚNIOR, ENIO J. P. FIGUEIREDO. 23p.
- BT/PCC/239 Fissuração por Retração em Concretos Reforçados com Fibras de Polipropileno (CRFP). JUSSARA TANESI, ANTONIO DOMINGUES FIGUEIREDO. 24p.
- BT/PCC/240 Análise em Project Finance. A escolha da moeda de referência. JOÃO R. LIMA JR 42P.
- BT/PCC/241 Tempo em Aberto da Argamassa Colante: Influência dos Aditivos HEC e PVAc. YÊDA VIEIRA PÓVOAS, VANDERLEY MOACYR JOHN. 13p.
- BT/PCC/242 Metodologia para Coleta e Análise de Informações sobre Consumo e Perdas de Materiais e Componentes nos Canteiros de Obras de Edifícios. JOSÉ CARLOS PALIARI, UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA. 20p.
- BT/PCC/243 Rendimentos Obtidos na Locação e Sublocação de Cortiços – Estudo de casos na área central da cidade de São Paulo. LUIZ TOKUZI KOHARA, ANDREA PICCINI. 14p.
- BT/PCC/244 Avaliação do Uso de Válvulas de Admissão de Ar em Substituição ao Sistema de Ventilação Convencional em Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários. HELCIO MASINI, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES. 12p.
- BT/PCC/245 Programações por Recursos: O Desenvolvimento de um Método de Nivelamento e Alocação com Números Nebulosos para o Setor da Construção Civil. SÉRGIO ALFREDO ROSA DA SILVA, JOÃO DA ROCHA LIMA JR. 26p.
- BT/PCC/246 Tecnologia e Projeto de Revestimentos Cerâmicos de Fachadas de Edifícios. JONAS SILVESTRE MEDEIROS, FERNANDO HENRIQUE SABBATINI. 28p.
- BT/PCC/247 Metodologia para a Implantação de Programa de Uso Racional da Água em Edifícios. LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES. 14p.
- BT/PCC/248 Vedação Vertical Interna de Chapas de Gesso Acartonado: Método Construtivo. ELIANA KIMIE TANIGUTI, MERCIA MARIA BOTTURA DE BARROS. 26p.
- BT/PCC/249 Metodologia de Avaliação de Custos de Inovações Tecnológicas na Produção de Habitações de Interesse Social. LUIZ REYNALDO DE AZEVEDO CARDOSO, ALEX KENYA ABIKO. 22p
- BT/PCC/250 Método para Quantificação de Perdas de Materiais nos Canteiros de Obra em Obras de Construção de Edifícios: Superestrutura e Alvenaria. ARTEMÁRIA COELHO DE ANDRADE, UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA. 23p.
- BT/PCC/251 Emprego de Dispositivos Automáticos em Aparelhos Sanitários para Uso Racional da Água. CYNTHIA DO CARMO ARANHA FREIRE, RACINE TADEU ARAÚJO PRADO. 14p.
- BT/PCC/252 Qualidade no Projeto e na Execução de Alvenaria Estrutural e de Alvenarias de Vedação em Edifícios. ERCIO THOMAZ, , PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE. 31 p.
- BT/PCC/253 Avaliação de Áreas Urbanas através dos Usuários: O Caso do Centro de Guaratiguetá. MAURICIO MONTEIRO VIEIRA, WITOLD ZMITROWICZ. 20p.
- BT/PCC/254 O Conceito de Tempo Útil das Pastas de Gesso. RUBIANE PAZ DO NASCIMENTO ANTUNES, VANDERLEY MOACYR JOHN.15p.
- BT/PCC/255 Impactos Ambientais Causados por Resíduos Sólidos Urbanos: O Caso de Maringá/PR. GENEROSO DE ANGELIS NETO, WITOLD ZMITROWICZ. 24p.
- BT/PCC/256 Produção e Obtenção de Barras de Fios de Aço para Concreto Armado. OSWALDO CASCUDO, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE. 17p.

Escola Politécnica da USP - Deptº de Engenharia de Construção Civil
Edifício de Engenharia Civil - Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2
Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP - Brasil
Fax: (011)8185715- Fone: (011) 8185452 - E-mail: secretaria@pcc.usp.br