

CONTROLE DE QUALIDADE NO DEPARTAMENTO DE FUNDIÇÃO

DA COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL

Autor: * Eng^o Roberto Loureiro Pinheiro

R E S U M O:

A presente contribuição mostra, em linhas gerais, o valor do Controle de Qualidade nas diferentes fases do processo de fabricação das Peças Fundidas.

Não tem o escopo de ensinar como fazer o Controle de Qualidade, mas, simplesmente, mostra o que é feito para a melhoria da Qualidade das Peças Fundidas na CSN.

-
- * - Engenheiro Assistente do Departamento de Fundição da CSN.
 - Professor Assistente de Físico-Química, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UFERJ - Curso de Engenharia Industrial Metalúrgica.
 - Ex-Professor da Cadeira de Fundição, da Escola Técnica Pandiá Calógeras.

2.

I N T R O D U Ç Ã O

O aumento de produção em qualquer ramo de atividade depende dos equipamentos, matérias-primas disponíveis e do treinamento adequado do pessoal que vai manuseá-los.

Para que se tenha um produto competitivo no mercado consumidor, é necessário que ele tenha requisitos de qualidade exigidos pelo mercado.

É neste ponto que o Controle de Qualidade tem influência marcante, a fim de manter a qualidade do produto.

Um ponto que poucos levam em consideração é a capacidade de produção e o nível de treinamento do seu pessoal, aceitando, muitas vezes, encomendas superiores ao que realmente podem produzir, o que vem influir na qualidade do produto.

Na Fundição, o Controle de Qualidade começa na recepção do pedido de fabricação da peça fundida. Neste pedido, o desenho que o acompanha é estudado minuciosamente para estabelecer o tipo de modelo a ser construído, o sistema de canais de vazamento e alimentação, e a viabilidade de fundição, tendo em vista também o tipo de equipamento disponível.

Definidos estes pontos, o desenho é enviado à Modelação. Em todas as fases de sua confecção, o modelo é submetido a rigoroso controle de medidas para verificar se está dentro das normas previamente estabelecidas.

Neste período, é preparada a Ficha Técnica de Fundição, que tem por finalidade dar as normas de produção da peça a ser fundida em cada fase do processo.

Nesta Ficha, constam a análise química especificada, processo de confecção do macho e do molde, tipos de areias e tintas a serem usadas, tempo de estufamento, dimensões, quantidade e posicionamento dos alimentadores e canais de vazamento, temperatura de vazamento do metal, tempo de espera para desmoldação e outras informações que se fizerem necessárias e que venham afetar a qualidade do

produto.

Esta ficha acompanha o processamento da peça e o serviço é fiscalizado pelos Inspetores que verificam se o mesmo está sendo executado de acordo com as normas recomendadas.

A Figura 1 dá um exemplo de Ficha Técnica de Fundição usada na Companhia Siderúrgica Nacional.

| FICHA TÉCNICA DE FUNDIÇÃO | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|--|------|---------------|------------------------|------------------|---------------------|----------------------------|--|
| Nome da Peça | | | | | Nº do Desenho | | Nº do Modelo | | |
| OS nº | | | Data | Metal | | Peso da Peça (a) | | Peso Total (b) | |
| Especificação Química | | | | | | | | Formula Rendimento | |
| | De | | | | | | | $\frac{a \times 100}{b} =$ | |
| | A | | | | | | | Rendimento -% | |
| | | | | | Especificação Mecânica | | | | |
| MACHARIA | Nº de Machos - Processo | | | Areia | | Tinta | | Estufa | |
| | | | | | | | | | |
| MOLDAÇÃO | Processo | | | Alimentadores | | | Canais de Vazamento | | |
| | Caixa de Moldação | | | | | | | | |
| | Areia | | | | | | | | |
| | Tinta | | | | | | | | |
| | Estufa | | | Resfriadores | | | Chapelins | | |
| | Posição de Fechamento | | | | | | | | |
| OBSERVAÇÕES | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Figura- 1 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

4.

Quando uma peça fundida, após determinado período de fabricação, apresenta algum defeito, cuja causa não é imediatamente sanada, é aberta uma Ficha de Acompanhamento de Peça Amostra, para estudar a causa que deu origem ao defeito.

Esta ficha é também preparada quando se deseja um aprimoramento no processo de fundição, tal como reestudo do sistema de canais de vazamento e alimentação, processos de moldagem e outros fatores que influam na qualidade do produto.

Quando necessário são também colhidos dados na Oficina Mecânica, ou com o usuário. Exemplo de Ficha de Acompanhamento de Peça Amostra é dado na Figura 2:

| | | | | |
|---|---|-----------|------------------|---------------|
| ACOMPANHAMENTO DE PEÇA AMOSTRA | | | | APA - Nº |
| OS - Nº | DESENHO - Nº | | MODELO - Nº | |
| METAL | SÉRIE - Nº | PESO (kg) | DATA | PEDIDO POR |
| FINALIDADE | | | | |
| OBSERVAÇÕES..... | | | | Nº DA COULIDA |
| | | | FUNDIDA EM | DIÁRIO |
| IRREGULARIDADES..... | | | REFERÊNCIA DO F | DATA |
| | | | INSPECIONADA POR | PRÁTICA |
| ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS..... | | | | |
| | | | DATA | DFU |
| <input type="checkbox"/> ALTERADO O MODELO | <input type="checkbox"/> ALTERADA A PRÁTICA DE FUNDIÇÃO | | ASSINATURA | |
| <input type="checkbox"/> MODELO ACEITÁVEL PARA A PRODUÇÃO | <input type="checkbox"/> PROVIDENCIAR NOVA AMOSTRA | | DATA | DFU |

Figura 2

Com os resultados obtidos, algumas alterações ou observações são feitas na Ficha Técnica de Fundição pelo Engenheiro que a preparou.

1 - MATÉRIAS-PRIMAS E SUPRIMENTOS

Todas as matérias-primas e suprimentos utilizados no Departamento de Fundição da CSN são rigorosamente controlados e devem estar enquadrados nas especificações de recebimento previamente estabelecidas.

Nas especificações constam a análise química, o tipo de embalagem, a aplicação do material e outras características que se fizerem necessárias.

Quando no recebimento o material não se enquadra na norma, é rejeitado. A título de exemplo, é dada uma norma de especificação no quadro abaixo:

| CSN | COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL <u>DEPARTAMENTO DE FUNDIÇÃO</u> | DFU |
|--|---|----------------------|
| <u>Nome:</u> Cobre Eletrolítico | | <u>Código:</u> 99067 |
| A - <u>Especificações Técnicas</u> | | |
| <u>Ref.</u> ASTM - B5 - 43 (1967) | | |
| Cu + Ag - 99,90 % min. | | |
| <u>Embalagem</u> | | |
| Em lingotes | | |
| <u>Aplicação</u> | | |
| Elaboração de ligas não-ferrosas, aço e ferro fundido ligados. | | |
| B - <u>Ensaio para Recebimento</u> | | |
| DDQ % (Cu + Ag) | | |

Figura 3

2 - AREIAS PARA MOLDAÇÃO

O Controle de Qualidade das areias a serem utilizadas na preparação dos moldes e machos é feito desde o recebimento até o preparo final para moldação.

No controle de recebimento verifica-se se a areia base está dentro

6.

da especificação estabelecida.

O controle de areia é feito no laboratório que está adequadamente equipado para atender todos os ensaios necessários.

O ensaio granulométrico e a análise química são feitos segundo as características constantes na ficha reproduzida na Figura 4.

ENSAIO GRANULOMÉTRICO E ANÁLISE QUÍMICA

| | | | | | |
|----------------------------|------------------|-----------------------|---|-------|---------|
| AREIA: | | ENSAIO GRANULOMÉTRICO | | | |
| FONECEDOR: | | N.º _____ | | | |
| AMOSTRA MÍDIA DE: | | | | | |
| VAGÃO OU CAMINHÃO N.º: | | | | | |
| PESO (G): | | | | | |
| FORMA DO GRÃO: | | | | | |
| CONCENTRAÇÃO %: | | | | | |
| FINOS %: | | | | | |
| MÓDULO (AFS): | | | | | |
| % ARGILA (AFS): | | | | | |
| PERMEABILIDADE BASE (AFS): | | | | | |
| PONTO DE SINTERIZAÇÃO °C: | | | | | |
| ANÁLISE QUÍMICA | H ₂ O | RETIDO | | FATOR | PROM. 7 |
| | CaO | PESO | % | | |
| | MgO | | | | |
| | ALCALIS | | | | |
| | | | | | |

| PENEIRA | RETIDO | | FATOR | PROM. 7 |
|---------|--------|---|-------|---------|
| | PESO | % | | |
| 6 | | | 3 | |
| 12 | | | 5 | |
| 20 | | | 10 | |
| 30 | | | 20 | |
| 40 | | | 30 | |
| 50 | | | 40 | |
| 70 | | | 50 | |
| 100 | | | 70 | |
| 140 | | | 100 | |
| 200 | | | 140 | |
| 270 | | | 200 | |
| FUNDO | | | 300 | |
| TOTAL | | | | |

Figura 4

Estando a areia base dentro das Normas de Aceitação, são feitos ensaios para determinar o melhor traço de areia moldável, antes de a mesma ser utilizada.

Os valores determinados são registrados na Ficha de Traço de Areia, conforme mostrado na Figura 5, da página seguinte.

FICHA DE TRAÇO DE AREIA

Traço:

| | | |
|-------|------|-------|
| _____ | 100% | _____ |
| _____ | 90% | _____ |
| _____ | 80% | _____ |
| _____ | 70% | _____ |
| _____ | 60% | _____ |
| _____ | 50% | _____ |
| _____ | 40% | _____ |
| _____ | 30% | _____ |
| _____ | 20% | _____ |
| _____ | 10% | _____ |
| _____ | 0% | _____ |

| C A R A C T E R Í S T I C A | | |
|-----------------------------|---------|--------|
| | A Verde | A Sêco |
| U | | |
| P | | P |
| Rc | | Rc |
| RCA | | RCA |
| D | | D |
| Cz | | Cz |
| | | Tr |

Tempo de mistura: à sêco _____ minutos

c/água _____ minutos

Data: ____/____/____

Figura 5

Diariamente, é feito o Controle de Qualidade da Areia preparada, antes da sua utilização, o qual é anotado na Ficha Diária de Ensaio, mostrada na Figura 6.

FICHA DIÁRIA DE ENSAIO

AREIA:

DE _____ A _____/____/____

| ENSAIO A VERDE | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| UMIDADE % | | | | | | | | | |
| PERMEABILIDADE (AFS) | | | | | | | | | |
| COMPRESSÃO LB/POL ² | | | | | | | | | |
| DUREZA (AFS) | | | | | | | | | |
| TURNO | | | | | | | | | |
| DATA | | | | | | | | | |
| OPERADOR | | | | | | | | | |
| ENSAISTA | | | | | | | | | |
| ENSAIO A SÊCO | | | | | | | | | |
| PERMEABILIDADE (AFS) | | | | | | | | | |
| COMPRESSÃO LB/POL ² | | | | | | | | | |
| DUREZA (AFR) | | | | | | | | | |
| TRAÇÃO LB/POL ² | | | | | | | | | |
| CINZALHAMENTO LB/POL ² | | | | | | | | | |
| TURNO | | | | | | | | | |
| DATA | | | | | | | | | |
| ENSAISTA | | | | | | | | | |

OBSERVAÇÕES:

Figura 6

8.

3 - MOLDAÇÃO

O controle dos moldes é feito pelos Inspetores de Qualidade, que utilizam instrumentos apropriados.

Neste controle verificam se os Moldadores estão seguindo as instruções constantes na Ficha Técnica de Fundição, e se os moldes depois de prontos estão em condições de serem vazados.

4 - PREPARO DAS LIGAS

O preparo das ligas tem influência marcante na qualidade do produto. Todos os metálicos usados nos fornos são cuidadosamente selecionados e separados em lotes, de acordo com a composição química e aspecto físico.

O controle do carbono é feito pelo aparelho WR-12 Automatic Carbon Determination, de fabricação LECO, que dá o resultado aproximadamente em 1 (um) minuto, não incluindo a amostragem.

O enxofre é feito em outro aparelho idêntico, tipo IR-32, de fabricação LECO, cujo resultado é dado aproximadamente em 6 (seis) minutos em se tratando de aço, e em cerca de 10 (dez) minutos para Ferro Fundido. Nestes tempos não está incluído o preparo das amostras.

Os demais elementos são feitos normalmente por via úmida.

Para certos tipos de ligas que necessitam controle de maior número de elementos, utiliza-se o espectrógrafo de Raios X, de controle manual e fabricação Phillips, modelo 1010, que fornece o resultado de todos os elementos solicitados em aproximadamente 10 (dez) minutos.

Os processos de elaboração dos diferentes tipos de ligas metálicas são regidos por normas que constituem os Processos Metalúrgicos de Elaboração, e que, em linhas gerais, são:

4.1 - PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO AÇO AO CARBONO

Durante o processamento do aço no Forno Elétrico, é feito o ajuste aproximado do teor de carbono utilizando o aparelho Tec-Tip S, de fabricação Leeds-Northrup, e, em seguida, enviada amostra ao Laboratório para análise preli-

minar dos elementos, tendo em vista as adiçõẽs finais para obter o aço na especificaçãõ desejada.

A temperatura de vazamento é medida pelo pirômetro de imersãõ, tipo S, da Leeds Northrup.

Durante o vazamento do aço nos moldes sãõ tirados corpos de prova em número de (3) três, um no início, um no meio do tempo do vazamento e outro no fim do vazamento.

O Inspetor de Produtos acompanha, em particular, o vazamento dos corpos de prova. Quando as peças sãõ submetidas a tratamento térmico, dois corpos de prova acompanham as mesmas no forno e sãõ submetidas aos mesmos tratamentos. O corpo de prova restante é mantido em estoque por um período de 30 dias para posterior verificaçãõ, se necessáριο.

Estes corpos de prova sãõ fundidos e ensaiados de acordo com as normas ASTM-A-370-68 e ASTM-E-10-68, respectivamente.

No Laboratório de Ensaio Mecânicos e Metalográficos sãõ realizados os ensaios de resistênciã à traçãõ, alongamento, dureza, e, quando necessáριο, microfotografias da estrutura do material.

As figuras 7 e 8 dãõ a formaçãõ do bloco e do preparo do corpo de prova e as tabelas I e II as respectivas medidas.

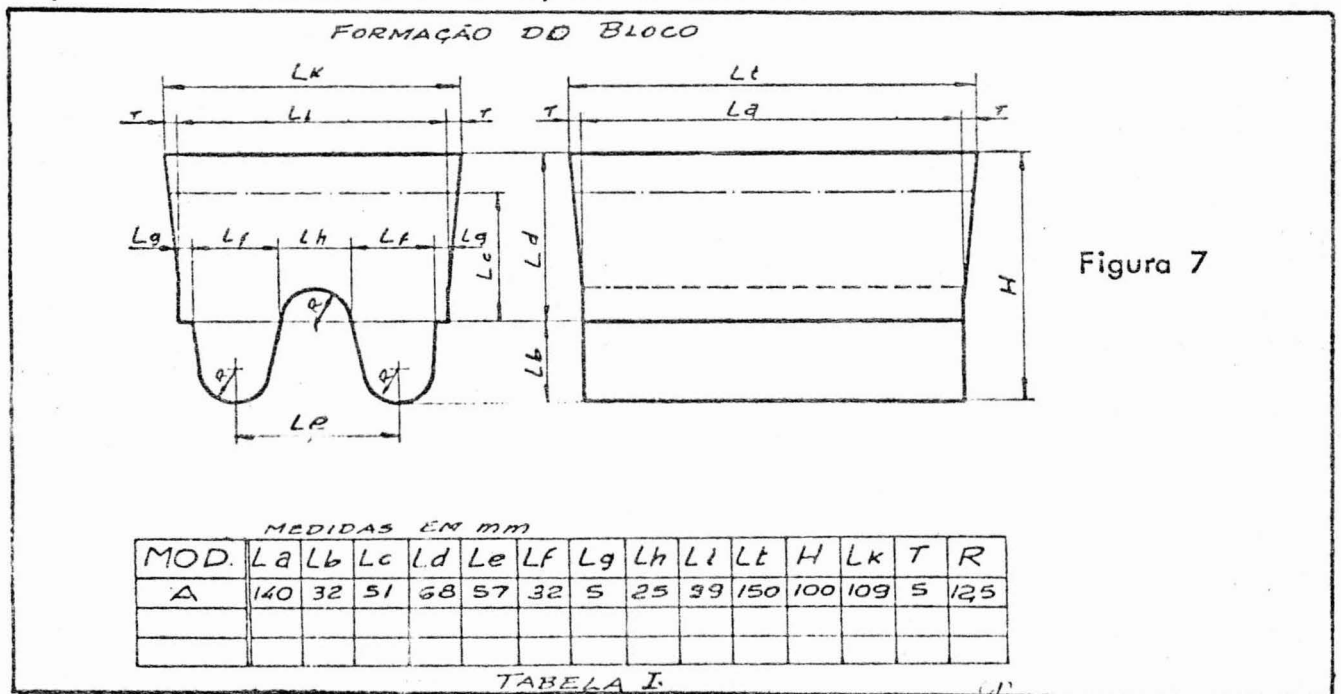
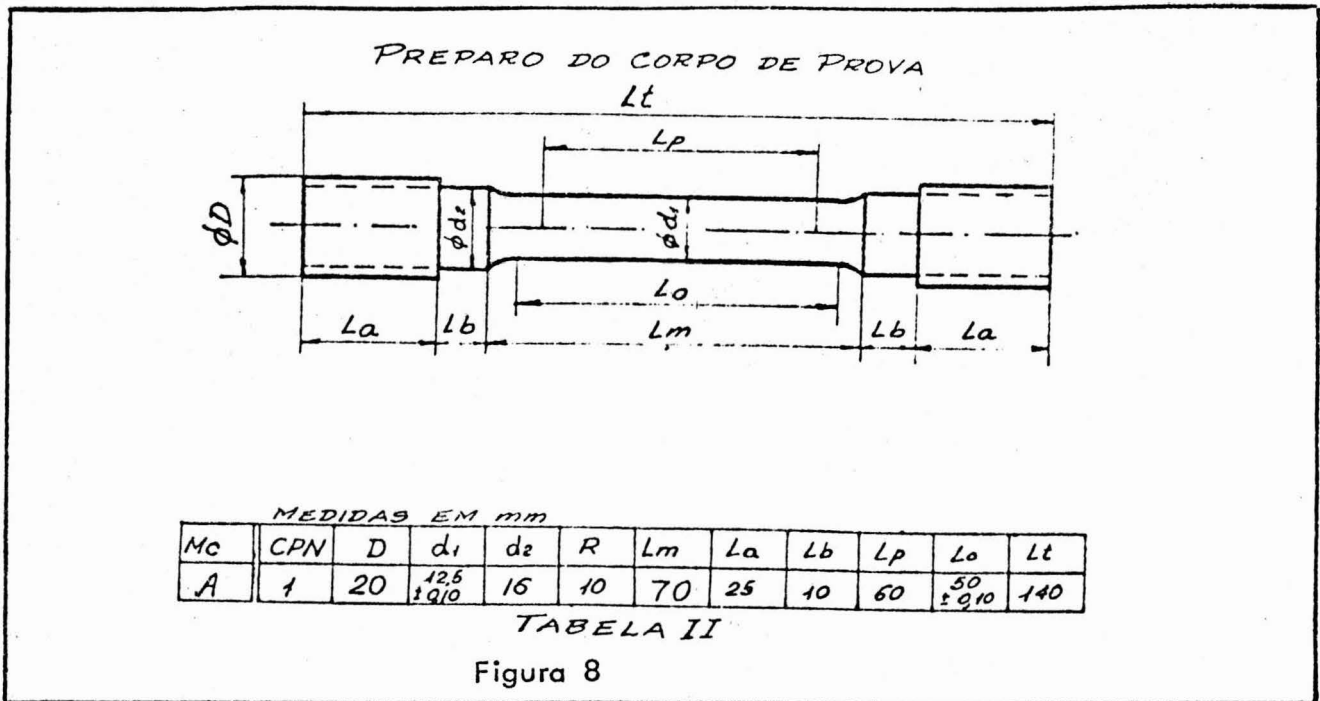


Figura 7

10.



4.2 - PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE AÇO ESPECIAL

O processamento de aço ^{especial} exige maiores cuidados, principalmente quando se trabalha com sucatas especiais, visto que se tem maior número de elementos envolvidos no processo.

O controle de laboratório é mais complexo e a aceitação ou rejeição do produto é baseada principalmente na análise química e de algumas propriedades que se fizerem necessárias.

4.3 - PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO FERRO FUNDIDO CINZENTO

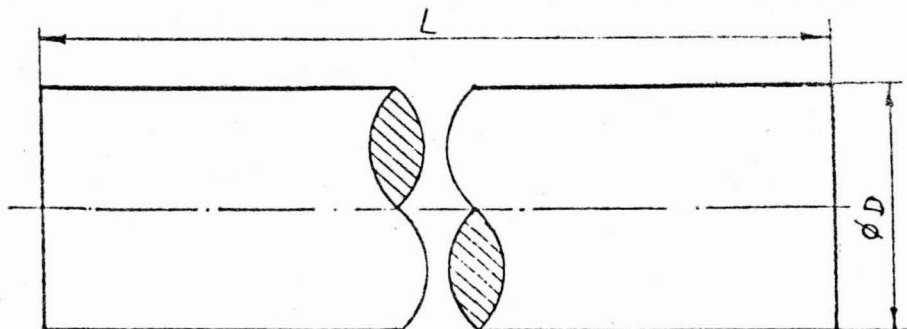
A carga para o Ferro Fundido Cinzento é feita com gusa, retorno de fundição de análise química conhecida e sucata de aço.

Na elaboração da liga o carbono equivalente é determinado pelo aparelho Tec-Tip, tipo K, de fabricação da Leeds Northrup.

As amostras para ensaios mecânicos são preparadas de acordo com a Normas ABNT-EB-126 (1972).

As figuras 9 e 10 dão a formação das barras de ensaio e o preparo do corpo de prova, e as tabelas III e IV as medidas.

FORMAÇÃO DAS BARRAS DE ENSAIOS

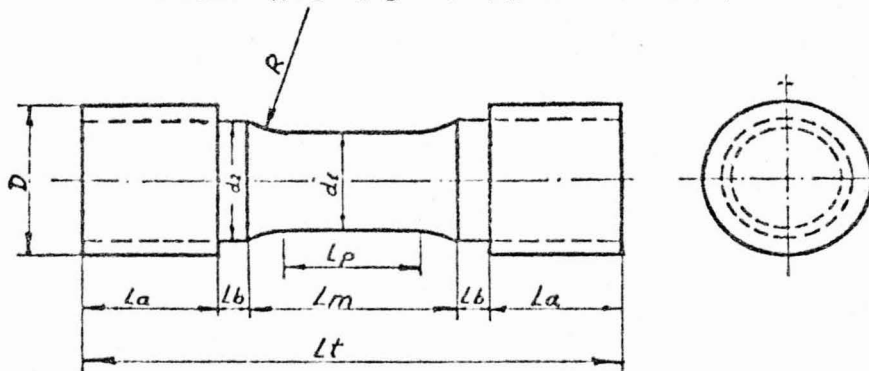


| MOD | CP | CLASSE | ESPESSURA-MM DA PEÇA | DIMENSÕES EM MILÍMETRO | |
|-----|----|----------------|-------------------------|------------------------|---------------|
| | | | | DIÂMETRO-D | COMPRIMENTO-L |
| A | 17 | F ₁ | ATE' 25 | 30. | 533 |
| B | 18 | F ₂ | ACIMA DE 25 | 50 | 686 |

TABELA III.

Figura 9

PREPARO DO CORPO DE PROVA



| Mc | CP | MEDIDAS EM MM | | | | | | | | |
|----|----|---------------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | D | d ₁ | d ₂ | R | L _m | L _b | L _a | L _p | L _t |
| A | 17 | 30 | 20 | 24 | 25 | 38 | 6 | 2 | ≥ φ | 100 |
| B | 18 | 47,6 | 30 | 36,5 | 50 | 60 | 8 | 45 | ≥ φ | 160 |

TABELA IV

Figura 10

12.

São tirados dois (2) corpos de prova para cada classe de ferro fundido cinzento, durante o vazamento das peças e com o mesmo metal.

A identificação dos corpos de prova é feita pelo número do lote de peças, corrida ou panela e classe do ferro fundido cinzento.

Para aceitação ou rejeição os limites de resistência à tração podem exceder de 10 kgf/mm^2 dos valores indicados na tabela V, abaixo.

T A B E L A V

| CLASSE | CORPO DE PROVA | LIMITE DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (mín.) kgf/mm^2 | A TÍTULO INFORMATIVO | |
|--------|----------------|--|-----------------------|---|
| | | | Dureza Brinell (máx.) | Resistência à Flexão Estática - kgf/mm^2 |
| F-1 | CP 17 | 15 | 212 | 30 |
| F-2 | CP 18 | 21 | 229 | 39 |

Na classe F-3 a dureza é determinada na própria peça, devendo ser de 240/280 Brinell.

Os valores de dureza e flexão servem apenas de orientação e são tirados quando necessário, bem como a microestrutura que deverá ser compatível com a classe do ferro fundido cinzento.

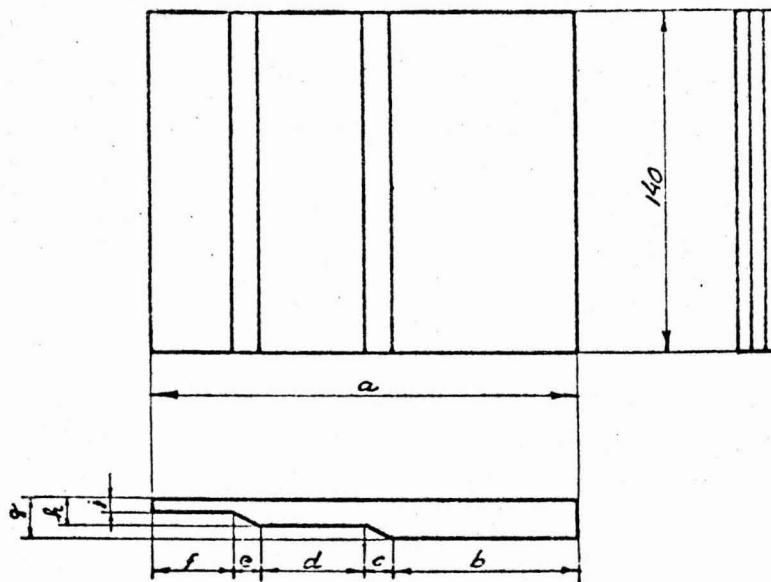
4.4 - PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO FERRO FUNDIDO ESPECIAL

Na elaboração do Ferro Fundido Especial é feito o controle do carbono pelo aparelho LECO, já mencionado anteriormente, e os demais elementos pelo espectrógrafo, tanto na análise preliminar quanto na final.

Na amostragem final para ensaios mecânicos e metalográficos, usam-se tipos de corpos de prova, de acordo com a espessura das peças fundidas.

A Figura 11 dá as medidas dos corpos de prova usados, nos controles dos Ferros Fundidos Especiais produzidos na CSN.

O modelo A é usado em peças com espessura até 15 mm e o modelo B acima de 15mm.



| DIMENSÕES em mm | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| MOD. | a | b | c | d | e | f | g | h | j |
| A | 160 | 70 | 10 | 40 | 10 | 30 | 15 | 10 | 5 |
| B | 220 | 90 | 20 | 60 | 10 | 40 | 50 | 25 | 20 |

ENSAIO DE FERRO FUNDIDO ESPECIAL
CORPO DE PROVA
MOD. A E B

Figura 11

O controle de aceitação ou rejeição depende do uso das peças e da solicitação do requisitante.

14.

4.5 - PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO FERRO FUNDIDO COM GRAFITA ESFEROIDAL

A carga usada é escolhida de maneira a obter-se um ferro fundido bruto de fusão, após as inoculações em que a grafita se apresente predominante na forma esferoidal.

A amostragem para Controle de Qualidade é feita conforme a norma ABNT-P-EB-585 (1972).

O tipo de bloco a ser usado é relacionado em função da espessura da peça, segundo tabela VI e Figura 12.

Tabela VI - BLOCOS DE ENSAIOS

| DIMENSÕES-mm | BLOCOS | | | |
|--------------|----------------------------------|-----|-----|-----|
| | T 1 | T 2 | T 3 | T 4 |
| a | 12 | 25 | 50 | 75 |
| b | 40 | 55 | 80 | 125 |
| c | 30 | 40 | 60 | 65 |
| h | 80 | 100 | 150 | 165 |
| l | Em função do comprimento do C.P. | | | |

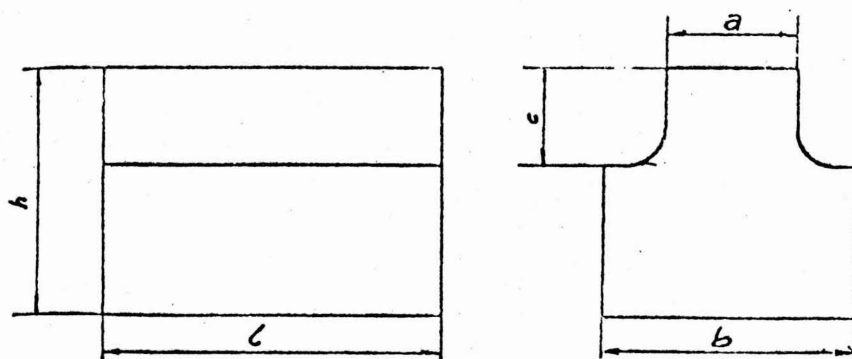


Figura 12

São fundidos ^{quatro (1)} dois (2) blocos por panela e para cada classe de ferro fundido com grafita esferoidal, no meio do tempo do vazamento das peças e com o mesmo metal.

Os blocos são identificados com o número do lote de peças, corrida ou panela correspondente e a classe do ferro fundido esferoidal.

O preparo dos corpos de prova para os ensaios mecânicos e metalográficos é feito de acordo com a tabela VII e Figura 13.

Os critérios de aceitação ou rejeição são dados pelos resultados das propriedades mecânicas e pela microestrutura que deve ser compatível com a classe do ferro fundido com grafita esferoidal, segundo Tabela VIII.

| D i â m e t r o d | DIMENSÕES DA SEÇÃO ÚTIL (mm) | | | | | DIMENSÕES DA CABEÇA | |
|---|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------|---|
| | Tolerância no diâmetro | Área da seção transversal nominal | Base da medida de alongamento | Comprimento paralelo mínimo | Raio da concordância | D i â m e t r o | C o m p r i m e n t o |
| | | S_o | $L_o = 5d$ | $L_c \geq L_o + d$ | R | (D) | (L) |
| 14 | $\pm 0,1$ | 153,9 | 70 | 34 | 20 | 20 | 60 |

TABELA VII

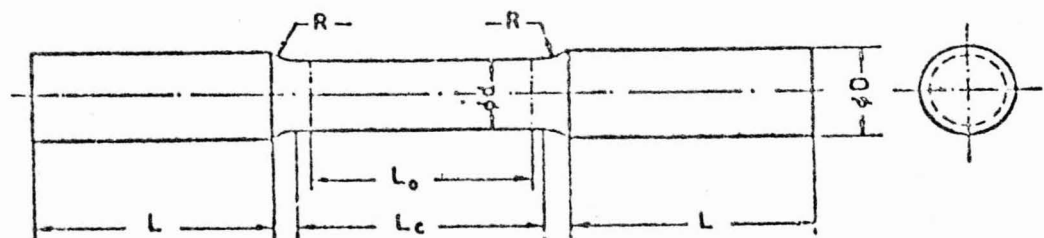


Figura 13

18.

sário para contrair e solidificar e a desmoldação deve ser feita obedecendo o tempo indicado na Ficha Técnica de Fabricação.

O tempo para desmoldação é de grande importância na obtenção de peças de boa qualidade, uma vez que evita, por exemplo, trincas, empenos e outros defeitos que vêm influir na sanidade das peças fundidas.

Cabe aos Inspetores verificarem o cumprimento das normas para os tempos estipulados para desmoldação das peças fundidas, e alertar os responsáveis.

Desmoldadas as peças, entra a fase de acabamento, onde a atuação dos Inspetores é redobrada.

6 - INSPEÇÃO FINAL

Limpas e rebarbadas, as peças são submetidas a rigorosa inspeção, visual, dimensional e metalúrgica.

A inspeção visual e dimensional permite separar, em primeira mão, as peças fundidas consideradas em condições de aprovação, e aquelas que apresentam defeitos são separadas para posterior recuperação, ou sucatamento.

A inspeção metalúrgica utilizada na Fundição da CSN compreende a análise química final, os ensaios mecânicos e metalográficos, e os ensaios de compacidade.

Os ensaios de compacidade usados na Fundição da CSN são o do líquido penetrante, "Spot Check", o ultra-som e os raios gama.

Em todas as peças de responsabilidade são feitos os ensaios de compacidade.

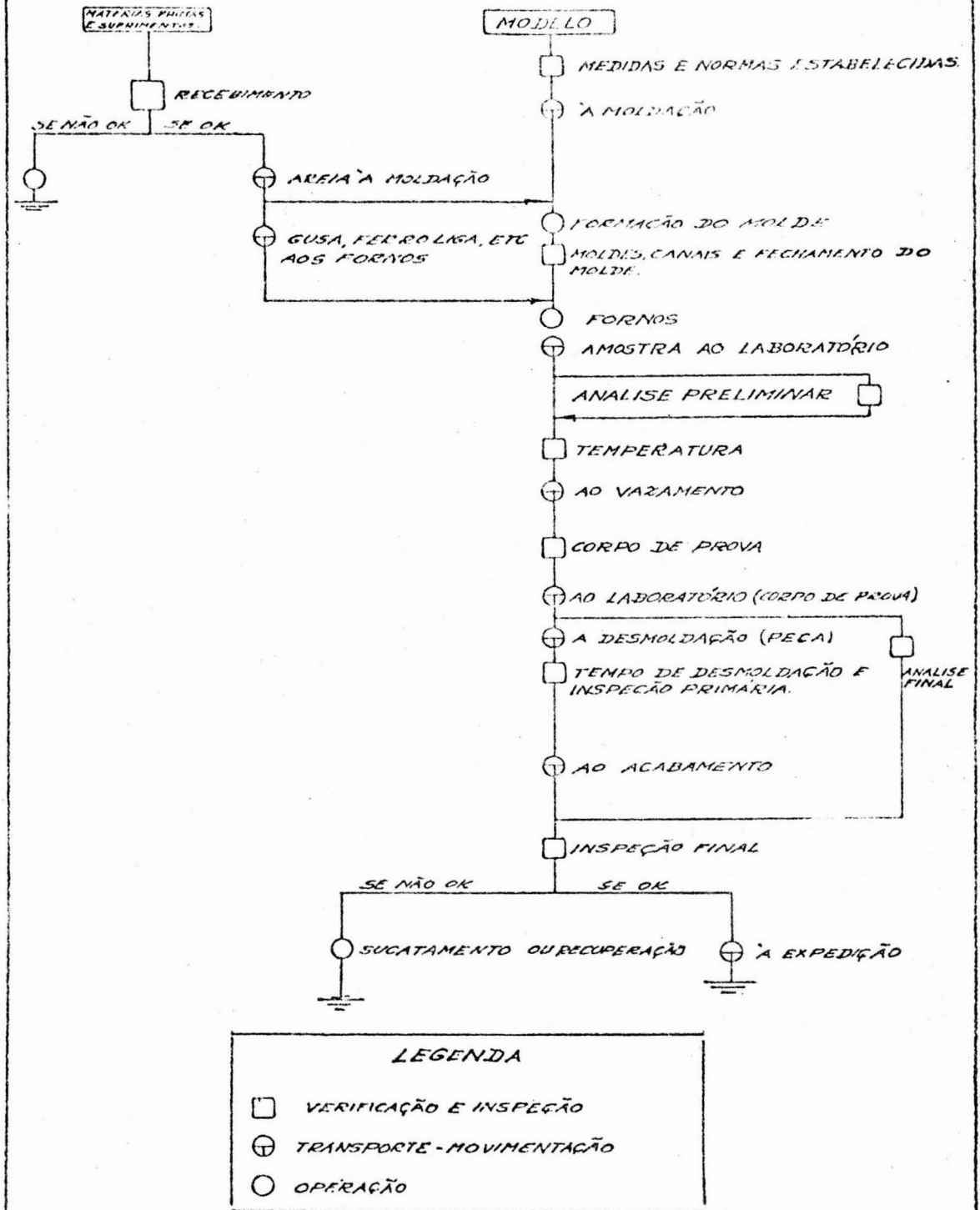
Satisfeitos todos os requisitos, o Inspetor de Produtos libera as peças e em caso contrário são sucataadas.

Diariamente todos os responsáveis pelas diversas fases de fabricação das peças reúnem-se para discutir os motivos que levaram ao sucatamento das peças vazadas no dia anterior, para tomarem as providências necessárias e evitar que os defeitos que ocasionaram o sucatamento se repitam.

Esta política realizada pelo Departamento de Fundição ocasionou baixa sensível no sucatamento das peças, melhorou a qualidade dos produtos fundidos e diminuiu, em consequência, o custo de fabricação.

O ANEXO 1 mostra Fluxograma do Controle de Qualidade, no Departamento de Fundição.

FLUXOGRAMA CONTROLE DA QUALIDADE NO DFU



LEGENDA

- VERIFICAÇÃO E INSPEÇÃO
- ⊕ TRANSPORTE - MOVIMENTAÇÃO
- OPERAÇÃO