



A organização na fundição dirigida para a qualidade. (1)

Paulo Kulcsar (2)

Raul A. Kalckmann (3)

Resumo

Apresenta-se uma estrutura para a fundição, totalmente voltada para a obtenção de fundidos de qualidade. São analisados os vários aspectos envolvidos e sugeridos alguns formulários que visam um melhor controle do processo.

1 - Introdução

Na indústria é bastante conhecida a expressão: "O responsável pela qualidade é o homem da produção". É possível seguir na prática esta afirmação, desde que se estructure os setores produtivos para tal fim.

A qualidade em fundição é fruto de diversos fatores, quase todos de difícil controle, daí a necessidade de se pensar em qualidade, em todas as fases do processo, iniciando-se na consulta feita pelo cliente.

Uma avaliação das dificuldades que possam surgir durante a produção, as modificações no desenho da peça, os problemas de tratamento térmico e as propriedades mecânicas solicitadas devem ser cuidadosamente avaliados antes, a fim de se evitar problemas futuros.

(1) Contribuição Técnica apresentada no "Simposio sobre Controle de Qualidade em Fundição", organizado pela AEFM, em V.Redonda-RJ: 16 e 17.05.74.

(2) Chefe de Controle de Qualidade de Fundidos, de Aços Villares S/A - S.Caetano do Sul - SP.

(3) Membro da AEFM, Engenheiro Metalurgista, Chefe de Projetos de Fundição de Aços Villares S/A - S.Caetano do Sul - SP.



A adoção de uma rotina de fundição de peça piloto, associada a esquemas de controle na fase de produção e uma boa assistência técnica aos clientes para que os problemas surgidos retornem imediatamente à Usina e sejam tomadas as medidas corretivas necessárias, são em resumo, os fatores que tornam "Uma organização dirigida para a qualidade".

2 - A análise do pedido

Quando do recebimento de um pedido ou consulta de peça fundida, o primeiro passo consiste em uma análise dos requisitos exigidos a fim de se constatar da possibilidade ou não do atendimento do mesmo.

Por mais perfeita que seja uma peça fundida, para o cliente a mesma será considerada boa, somente quando todos os requisitos especificados no pedido, forem atendidos.

A importância desta análise, aumenta no Brasil, pois ainda não temos normas completas, o que nos obriga a utilizar normas de várias procedências, a critério do cliente.

Um amplo entendimento entre produtor e consumidor se faz necessário, para eliminar dúvidas e adaptar as normas especificadas às condições da fundição. Esta adaptação permite o uso de normas equivalentes já padronizadas na fundição, com a consequente redução de custos, sem prejuízo da qualidade.

A execução desta análise e adaptação deve ser efetuada por um metalurgista com boa experiência em fundição, porque além da adaptação de normas e especificações, em alguns casos, devem ser também adaptados os desenhos das peças, sendo comum a substituição de peças forjadas, ou construções soldadas por peças fundidas, sem preocupação por parte do projetista mecânico, de providenciar as alterações que a mudança do processo obriga.

Pela complexidade do trabalho e pela necessidade do mesmo ser executado antes da definição do processo de fabricação, acreditamos que o mesmo deve ser uma das atribuições da "Engenharia de Fundição".



3 - Definição do processo de fabricação

Uma vez esclarecidas todas as exigências do cliente e confirmado seu pedido de peça fundida, a "Engenharia de Fundição" inicia o estudo para a definição do processo de fabricação a ser utilizado.

Em função do tamanho das peças, da quantidade pedida, da liga a ser utilizada e, das tolerâncias dimensionais especificadas, estabelece-se qual o material para a confecção do modelo bem como o processo de moldação a ser utilizado.

3.1 - Tipos de modelos mais utilizados

3.1.1 - Modelo de madeira solto usado na produção de peças de grande porte (> 250 kg) e pequenas series de peças medias (80 e 250 kg).

A precisão dimensional obtida nas peças é inadequada para tolerâncias estreitas, principalmente após o uso contínuo do modelo, que se danifica progressivamente mesmo em condições normais de moldação.

3.1.2 - Modelo de madeira emplacado utilizado na produção seriada (até + 500 peças), em que a precisão dimensional é mantida em virtude de condições de moldação mais favoráveis resultando em menor dano ao modelo.

3.1.3 - Modelo metálico, emplacado usado para grandes séries nas quais se obtém boa precisão dimensional nas peças, pois sendo o mesmo mais resistente, não é tão susceptível às alterações dimensionais, causadas pela moldação.

3.2 - Processos de moldação, relacionados com os modelos

A definição do tipo de modelo mais apropriado para cada tipo de peça, define paralelamente o processo de moldação a ser utilizado.

Processos de moldação nos quais se empregam modelos emplacados, permitem a reprodutividade qualitativa com menor controle direto durante a moldação, pois diversas variáveis que dependem da qualidade e experiência do moldador, ficam definidas, o que não ocorre quando modelos soltos são utilizados.



3.3 - Projeto de fundição

Esta é uma das atividades básicas da Engenharia de Fundição pois através do projeto de fundição, além de se definir o maior número possível de variáveis envolvidas no processo, também mantém registros dos mesmos, com a finalidade de garantir perfeita reprodutividade do processo de fabricação, mesmo após grandes intervalos de tempo.

Os principais itens a serem abordados em um projeto de peça fundida, são:

- a - posição de fundição da peça
- b - deformações necessárias para boa alimentação
- c - dimensionamento e localização de canais e montantes, bem como a necessidade de utilização de materiais refratários e exotérmicos.
- d - dimensionamento e localização de resfriadores e nervuras
- e - peso bruto da peça

Nenhuma fundição tem condições de produzir peças com qualidade, ao longo de vários pedidos de um mesmo modelo, sem que haja uma "Ficha Técnica" com todos os dados do projeto e aprovada na prática (anexo I).

O setor de Projetos de uma fundição deve contar necessariamente com uma equipe de projetistas experientes e para um maior sucesso nos resultados, esta equipe deve ser desmembrada por tipos de peças, permitindo assim maior especialização do pessoal, em menor espaço de tempo. O projetista de cada especialidade, além de definir os itens básicos de um projeto de fundição, deve ser também o responsável pelo acompanhamento da produção das "peças piloto", até a sua aprovação.

O acompanhamento consiste em verificar a viabilidade de produção de peças conforme o projeto, providenciar as conferências e correções no modelo bem como as adaptações que se fizerem necessárias ao projeto segundo as condições da fundição.

4 - Peça piloto

A fim de se aferir os resultados de um projeto de fundição, se faz necessário a produção de algumas peças que devem ser detalhadamente examinadas quanto a:



sanidade interna, precisão dimensional, qualidade superficial e viabilidade de execução. As peças fundidas com este objetivo, é o que chamamos de "peça piloto".

Os exames levados a efeito nestas peças, utilizam técnicas comuns de inspeção, porém, sempre que possível, se procederá a destruição da peça, visando um melhor controle na sanidade interna.

Uma boa prática é a utilização de algumas destas peças, para fornecimento ao cliente, para que este se pronuncie quanto à qualidade das mesmas e a conseqüente aprovação.

A aprovação final de uma peça piloto, deve ser efetuada não só pelo projetista responsável, como também pelos responsáveis pela produção e pelo controle de qualidade. Esta prática permite uma avaliação mais ampla, onde são considerados todos os fatores envolvidos na produção das peças.

5 - Os cuidados na produção

A prática tem demonstrado que os melhores resultados na produção são obtidos quando todas as operações envolvidas no processo são detalhadamente descritas em "Roteiros de Fabricação", os quais devem ser estabelecidos para as áreas de fundição, moldação e acabamento.

A elaboração desses roteiros, pelos próprios setores envolvidos possibilita a flexibilidade necessária a sua reformulação, em função da disponibilidade de matérias primas e equipamentos.

Um roteiro, para o setor de fundição, deve prever pelo menos as seguintes variáveis, para cada liga:

- a - faixa de fundição da liga
- b - composição da carga do forno
- c - adições no forno e na panela
- d - amostras necessárias para o controle da corrida
- e - temperatura de vazamento do forno
- f - tempo de aquecimento das panelas



O cumprimento dos roteiros, possibilita uma maior homogeneidade nas corridas bem como o controle dos teores de impureza e elementos residuais nocivos a limites toleráveis.

No setor de moldação são estabelecidas as composições e métodos de preparação das várias areias de fundição, necessárias tanto para moldação como macharia. Também as tintas refratárias a serem utilizadas nos moldes e machos devem ser criteriosamente definidas para que o seu preparo seja sempre homogêneo.

A reprodutividade nas areias e tintas é obtida pela obediência ao roteiro de preparo previamente estabelecido e no controle de recebimento das matérias primas necessárias.

Cabe também a este setor indicar os tipos de areias e tintas mais adequadas para a confecção dos moldes e machos, tempos e temperaturas de estufamento, temperatura de vazamento nos moldes e tempo para desmoldagem, anotando-os nas fichas técnicas (anexo 1).

Um importante fator a ser também considerado é a disciplina técnica ao projeto de fundição, detalhado na ficha técnica, pelo fato de aproximadamente 90% dos refugos em fundição estarem estreitamente ligados a erros humanos e somente 10% a erros técnicos. Estes números foram obtidos nos últimos cinco anos na fundição de AVSA.

Quanto ao acabamento cabe ressaltar que é o setor responsável pela imagem da qualidade da peça fundida, pois, regra geral a maioria dos consumidores, em primeira análise, define a qualidade das peças pelo aspecto superficial, e é neste setor que se iniciam as inspeções internas e externas pelo controle de qualidade ou o próprio consumidor.

As operações executadas no acabamento devem ser definidas em roteiros próprios para cada liga a fim de permitir a reprodutividade e o controle com nível constante de qualidade. Um roteiro típico para o acabamento deve prever no mínimo os seguintes itens (anexo II):

- a - composição química da liga
- b - propriedades mecânicas



- c - tipo de eletrodo para solda
- d - condições para corte de canais e montantes
- e - condições para execução da solda
- f - ciclo de tratamento térmico
- g - código de identificação de peças e sobras

Um meio adequado para se controlar a eficiência qualitativa dos vários setores envolvidos na produção de peças de aço fundido é o consumo de eletrodo de solda, no acabamento, por tonelada de peças produzidas.

6 - Controle de Qualidade

O controle de qualidade pode ser estruturado nas mais diversas formas, variando de empresa para empresa em decorrência de suas características organizacionais.

Porém, o mesmo, deve ser autônomo em relação a produção, para melhor cumprir suas principais tarefas abaixo descritas:

6.1 - Elaboração de relatórios diários, mensais e anuais do refugo e das devoluções dos cliente.

- Relatório diário:

Este relatório deve conter dados minuciosos sobre os refugos e devoluções ocorridas, a identificação precisa dos defeitos e os setores responsáveis pelas suas ocorrências e o peso refugado, a fim de permitir na produção e inspeção a imediata eliminação das causas responsáveis.

- Relatório mensal:

Os refugos e as devoluções devem ser classificadas pelas causas, setores responsáveis e, custos dos mesmos a fim de possibilitar a avaliação qualitativa de cada setor envolvido na fabricação.

- Relatório anual:

É um resumo dos relatórios mensais e sua finalidade é determinar se a performance qualitativa da fundição atendeu os objetivos da organização.



Poucos são os fundidos que podem ser fabricados continuamente sem refugo e portanto, se faz necessário estipular um objetivo para o mesmo, visando controlar a performance da produção e também a influência econômica do refugo no custo da produção das peças.

6.2 - Inspeção

- Elaboração dos "Roteiros de Inspeção" em função da aplicação das peças. Nestes roteiros, pelo menos as seguintes inspeções devem ser previstas, em função do tipo e aplicação da peça (anexo III):

- a - inspeção visual
- b - inspeção dimensional
- c - inspeção com magna flux ou líquido penetrante
- d - inspeção com ultrason e/ou radiografia

- Tomada dos corpos de prova e execução dos ensaios químicos, físicos e metalográficos por carga de tratamento térmico e/ou corrida de forno.

- Execução do exame visual e dos ensaios não destrutivos mais adequados para cada peça em função do perfil geométrico e sua liga.

- Acompanhamento e assessoramento às inspeções efetuadas pelos clientes ou seus representantes.

- Análise e classificação dos defeitos em peças refugadas ou devolvidas emitindo um parecer quanto as prováveis causas e setores responsáveis.

6.3 - Coordenação da reunião diária de refugo.

Esta reunião é a chave do sucesso qualitativo de uma fundição, a sua frequência permite a tomada de medidas corretivas imediatamente após a ocorrência dos refugos ou devoluções bem como permite também uma avaliação das causas e setores responsáveis.

A reunião em questão deve contar com a participação efetiva de um representante de cada setor produtivo, da Engenharia de Fundição e, na mesma todos os refugos e devoluções são analisados, sendo discutidas suas causas, origens, efeitos e medidas corretivas necessárias



para sua eliminação ou redução a índices toleráveis, bem como a eventual possibilidade de recuperação.

Nesta mesma reunião são examinadas as "peças piloto", fundidas para aprovação do "projeto de fundição" e do "processo de fabricação", sendo as mesmas consideradas aprovadas para a produção repetitiva, quando os resultados dos exames destrutivos ou não, satisfizerem às exigências especificadas.

7 - A assistência técnica

O ciclo organizacional de uma fundição visando a qualidade se fecha com a assistência técnica, pois este setor tem a função de manter constante contato com o consumidor de peças com a finalidade de assessorá-lo nas decisões relativas aos problemas surgidos durante a usinagem ou uso das mesmas. Informações rápidas e precisas referentes a estes problemas à Engenharia de Fundição e à Produção permitem correções ou modificações para o atendimento do saldo de uma encomenda de fundidos, dentro dos requisitos desejados.

Com o desenvolvimento de novas técnicas de produção, mais exigentes tornam-se os consumidores de fundidos. O conhecimento dessas novas exigências é também obtido através das informações colhidas continuamente pela assistência técnica junto aos consumidores, permitindo que a evolução dinâmica das necessidades qualitativas exigidas, sejam acompanhadas paralelamente pela fundição, sem que haja interrupção no fornecimento das peças.

8 - Conclusões

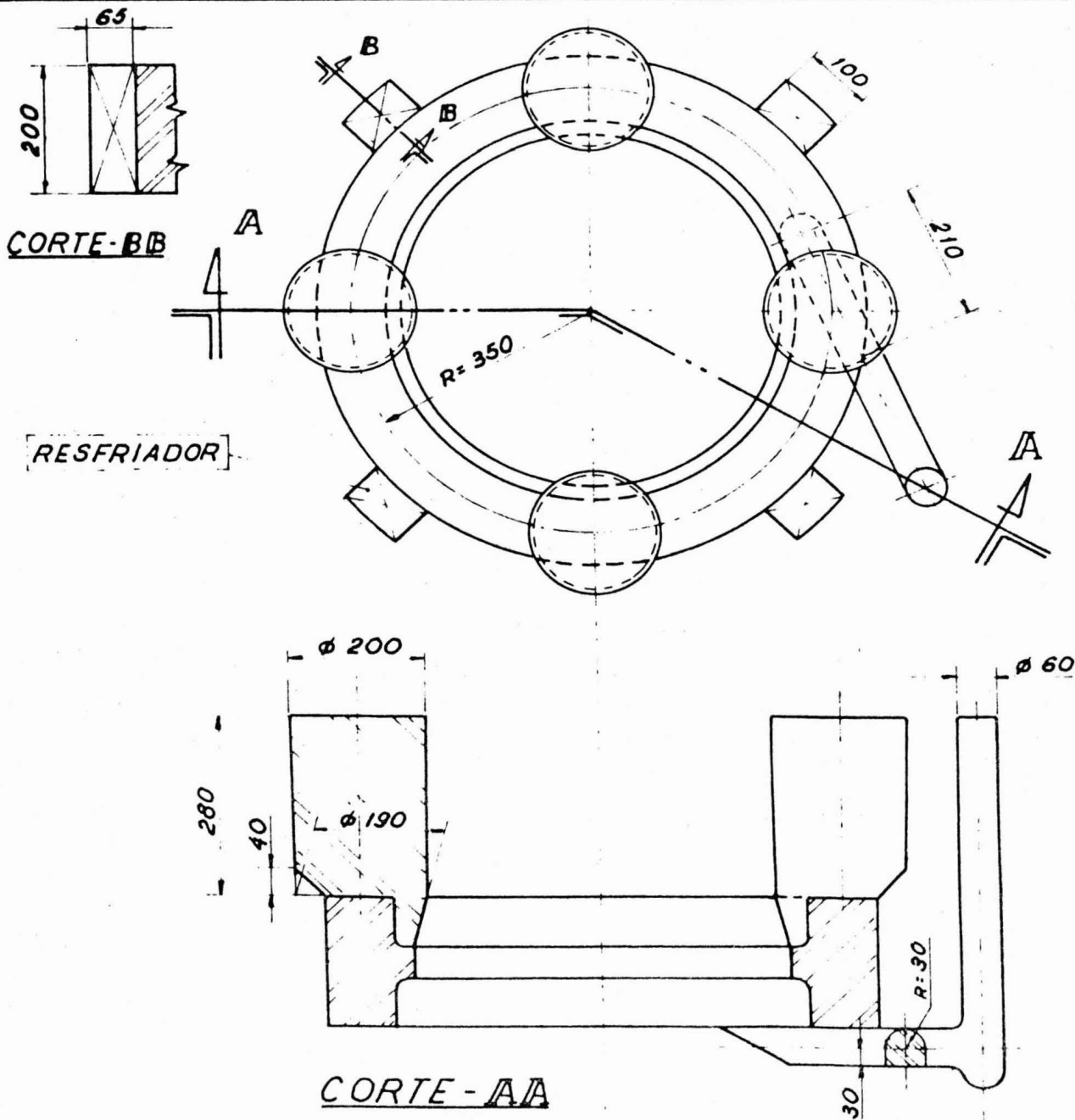
A qualidade final das peças fundidas não se obtém apenas através de esquemas rigorosos de inspeção, pois isto acarretaria altos custos de produção, baixa produtividade e excesso de retrabalhos.

Uma organização produtiva voltada para a qualidade, em todas as fases da produção, utilizando roteiros e processos previamente estabelecidos, permite alcançar os objetivos qualitativos da empresa sem os inconvenientes acima citados e, garante uma segurança na reprodutibilidade desde a consulta até a expedição das peças.



B I B L I O G R A F I A

- 1 - Aços Villares S/A (não publicado)
Roteiros de Fabricação e Inspeção de peças fundidas.
- 2 - J.M. Greenhill & S.W. Polmer
A practical approach to iron castings quality control.
- 3 - Karl Roech & Kurt Zimmermann
Acero Moldeado
- 4 - Steel Founders Society of America
Steel Castings Handbook
- 5 - Tito Arnaldo Michelini
Gerencia da Produção



INDICAÇÕES

MOLDAÇÃO	MACHARIA	VAZAMENTO	DESMOLDAGEM
AREIA: F-4	AREIA: _____	TEMP. = 1570 °C	12 hs. APOS VAZAM.
TINTA: T-4	TINTA: _____	Ø DA VALV. = 50 mm	
ESTUFA:	ESTUFA:	OBS:- ADICIONAR "PÓ EXOTÉRMICO" SOBRE OS MONTANTES APÓS O VAZAMENTO	
TEMP. = _____ °C	TEMP. = _____ °C		
TEMPO = _____ hs.	TEMPO = _____ hs.		

PESO DA PEÇA — 520,0kg " DOS MONTANTES — 274,0kg " " CANAIS — 20,0kg " BRUTO — 814,0kg MONTANTES — 52,6 % RENDIMENTO — 63,8 %	1050	AC - 2051	2051	
	MAT.	DESENHO Nº	MODELO Nº	DIM. DA PLACA
		FEITO 4.4.74 HUGO	ORDEM Nº 38071	
		CONTR. CHEFE	NOME DA PEÇA :-	
		ESCALA DATA NOME	ANEL	
	1:10	CLIENTE :-	FICHA TÉCNICA	
		MECANICA "AC" S.A.	Nº 0075	

**ACABAMENTO DE PEÇAS
POR MATERIAL**



IDENTIFICAÇÃO: VERDE

MATERIAL: 1050

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	P	S	W
	.50	.40	.80					max.	max.	
	.55	.60	1.00					.040	.040	

ELETRODOS	RECOMENDADO OK 7565 ESAB
	OPCIONAL 10.018 Mckay

1) CONDIÇÕES NORMAIS DE ENTREGA	Dureza Superficial (HB)	PROPRIEDADES MEC. MÍNIMAS NOS C. P.				
		L. E. kgf/mm ²	L. R. kgf/mm ²	R. A. (%)	A (%)	RCH kgf/cm ²
	170 229	35	60	30	18	

OPERAÇÕES RECOMENDAÇÕES

1) CORTE DE CANAIS E MONTANTES	Recozer para corte a 860°C.
-----------------------------------	-----------------------------

2) TRATAMENTO TÉRMICO	TRATAMENTO INDICADO	TEMP. (°C)	MEIO DE RESFRIAMENTO
CONDIÇÃO NORMAL	Normalização	860	
	Revenimento	700	
OPCIONAL	Têmpera	860	
	Revenimento	700	

3) REPAROS POR SOLDA	Pré aquecimento a 100°C. Revenimento 600/700°C ou repetir o ciclo de T ^o T ^o .
----------------------	---

EXAMES NECESSÁRIOS EM PEÇAS REPARADAS POR SOLDA APÓS TRATAMENTO TÉRMICO FINAL:

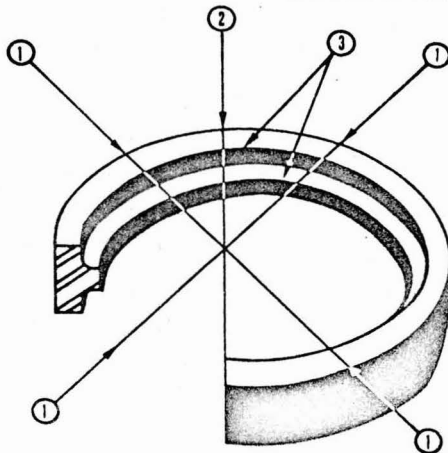
1. MAGNA FLUX X PENETRANTE
2. DUREZA NA REGIÃO SOLDADA
3. VERIFICAÇÃO DE EMPENAMENTO

OBS.:

INSPEÇÃO DE PEÇAS FUNDIDAS



croqui da peça



PEÇA: ANEL

USINAGEM: Normalmente em toda a peça

MAT. USUAIS: 1050

CLIENTES USUAIS:

Bardella S.A.

Voith S.A.

Brown Boveri

Mecânica Pesada S.A.

EXAMES USUAIS

A) VISUAL

- Verificar existência de rebarbas, carepas de Tratamento Térmico, defeitos superficiais e se as linhas de corte foram obedecidas (excesso ou escassez).
- Verificar existência de trincas de contração, de dobras, ou mau enchimento.

B) DIMENSIONAL

- Verificar empenamento.
- Verificar ovalização. (1)
- Verificar centralização. (2)

C) MAGNAFLUX OU PENETRANTE

- Verificar, em toda a peça existências de trincas de contração não constatadas no exame visual (Magnaflux). (3)
- Utilizar em casos de dúvidas o líquido penetrante, principalmente na região dos montantes (póros . . .).

D) ULTRA-SOM

- Verificar existência de bolsas de gás, rechupes e defeitos internos. (3)

OBSERVAÇÕES:

- Obter dureza em quatro pontos simétricos e opostos à localização dos montantes (em peças pequenas apenas 2 pontos).