

CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE  
INTERNA DE CHAPAS GROSSAS (1)

Ed Juarez Mendes Taiss (2)  
Nivaldo Cursino Guimarães (3)  
Rui de Siqueira Fontes (4)

R E S U M O

São feitas considerações sobre a influência de variáveis metalúrgicas na qualidade interna de chapas grossas e sistemática de controle empregada na USIMINAS, bem como a influência do nível de qualidade interna sobre a soldabilidade do material.

SYNOPSIS

The influence of certain metallurgical variables in the internal quality of plates have been considered and the methods / used in Usiminas to control these factors are discussed. Also a brief description is given of the effect of plate internal quality on weldability.

- 
- (1) Contribuição Técnica a ser apresentada no XVI Simpósio da COLAN-Niterói-RJ; Outubro de 1979.
- (2) Membro da ABM. Engenheiro Metalúrgico da Unidade de Padronização e Coordenação; USIMINAS, Ipatinga-MG.
- (3) Membro da ABM. Técnico Metalúrgico da Unidade de Pesquisa de Processo; USIMINAS, Ipatinga-MG.
- (4) Membro da ABM. Engenheiro Operacional Siderúrgico da Unidade de Padronização e Coordenação; USIMINAS, Ipatinga-MG.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das metas prioritárias das indústrias siderúrgicas consiste na melhoria da qualidade interna de seus produtos. Com isto, tem-se procurado satisfazer as exigências mais severas / dos consumidores, bem como tornar os produtos mais competitivos / tanto no mercado nacional como externo.

Seguindo a filosofia de "garantia de aplicação", a USIMINAS vem procurando cada vez mais, assegurar uma boa performance de suas chapas no cliente. Para tal, torna-se imperativo a caracterização e controle das variáveis metalúrgicas que afetam a / qualidade interna de chapas grossas, de tal modo que não possibilite a ocorrência de descontinuidades internas que possam tornar o / aço impróprio para o uso a que se propõe.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A qualidade interna de chapas grossas depende de vários fatores, os quais estão intimamente ligados às variáveis de processo. Somente um fluxo de produção altamente otimizado reúne condições de proporcionar um controle de qualidade eficiente, possibilitando a tomada de contra medidas eficazes. Na USIMINAS, tem sido dado, nos últimos anos, uma grande importância à qualidade interna de chapas grossas, sobretudo em aços para aplicação em caldeiras, vasos de pressão, tubos etc. Em função disso, tem sido adotada uma sistemática de controle rigorosa, visando minimizar os fatores que influenciam o nível de qualidade interna, na filosofia de "garantia de aplicação".

### 2.1. Fatores que influenciam a qualidade interna

O nível de segregação, a concentração de hidrogênio e a morfologia e quantidade de inclusões não metálicas contidas no material colaboram decisivamente na deterioração da qualidade interna.

#### Influência da segregação

A segregação de elementos solúveis no aço durante a solidificação é um fenômeno inerente ao processo. No caso do lingotamento convencional, este problema não é tão crítico, uma vez que é contornado com um simples corte da região segregada. Já no lingotamento contínuo, isto não é possível, devido a região segregada localizar-se no meio da espessura da placa ao longo de todo o seu comprimento. Esta segregação pode atingir valores críticos, dependendo das condições de alinhamento da máquina e quando a velocidade de extração for alta, sobretudo em aços de alta resistência. Esta segregação pode permanecer em chapas grossas, alterando a temperabilidade da região central. Apesar da velocidade de resfriamento desta região ser menor, após o processo de laminação, existem casos em que ocorre a formação de estruturas de têmpera. A Figura 1, ilustra esquematicamente o fenômeno, através das curvas CCT correspondentes a matriz e região segregada.

A figura 2 mostra o aparecimento de estrutura martensítica no meio da espessura em aços de alta resistência. A segregação foi confirmada através de análise por microsonda.

A formação da martensita é acompanhada por uma expansão volumétrica da ordem de 4%. Isso, inevitavelmente, dá origem a tensões internas que, associadas ao próprio estado da martensita, intrinsecamente tensionada, deixa o aço com alta suscetibilidade ao trincamento interno. (1)

Atualmente existem várias alternativas objetivando o controle da segregação, como por exemplo o sistema de vibração eletromagnética, permitindo a obtenção de placas lingotadas continuamente / com níveis de segregação baixíssimos. (2) Uma outra técnica que vem sendo aplicada na USIMINAS é a adoção de uma escala de passes de laminação utilizando-se ao máximo a capacidade do laminador. Com o uso desta técnica, se consegue quebrar a continuidade da linha de segregação, possibilitando também a obtenção de uma estrutura mais fina, consequentemente, de menor temperabilidade. A Figura 3 mostra o relacionamento entre o grau de deformação sofrido pelo material e o índice de recusa no Ultra-Som.

### Influência do Hidrogênio

A concentração de hidrogênio no aço é um dos fatores que têm influência direta sobre o nível de qualidade interna de chapas grossas. A fragilidade provocada pelo [H] pode ser verificada pela diminuição da ductilidade do material. A Figura 4 mostra a diminuição / do alongamento por adição de [H] no aço 310.

Devido a solubidade do [H] aumentar com a temperatura, o mesmo tende a aumentar a sua concentração no meio da espessura da chapa por ocasião do resfriamento após laminação. E, quanto maior for a concentração, maior será a pressão interna sobre o reticulado / cristalino. Portanto, se esta pressão assumir valores superiores a tensão de ruptura da rede, a ocorrência do defeito será inevitável e o tamanho da trinca será diretamente proporcional a magnitude da pressão. A Figura 5 mostra o aumento da pressão interna com o aumento da concentração de [H] no aço. (3)

Notoriamente a ocorrência de trincas devido a concentração de [H] no aço são encontradas ao longo de inclusões, devido a baixa tensão de ruptura verificada nestes locais.

A diminuição da concentração do [H] durante a fabricação na aciaria, através do uso de degaseificação a vácuo, é um dos processos mais eficientes; porém, pode-se diminuir sua concentração, alterando-se o tempo de adição dos fundentes no convertedor, ou por meio de difusão, usando-se resfriamento controlado de placas e normalização do produto final. Indiretamente, pode-se diminuir a ocorrência de trincas internas, produzindo-se um aço com menor quantidade de inclusões, segregação e teor de fósforo, tornando-o menos suscetível a

ocorrência de defeitos internos.

### Influência de Inclusões

A morfologia, quantidade e distribuição de inclusões em chapas grossas, principalmente sulfeto de manganês, influenciam / grandemente as propriedades mecânicas, tanto no sentido da espessura como no sentido transversal à principal direção de laminação. Além disso, o grau de limpidez do aço tem grande influência sobre o aparecimento de descontinuidades internas. Isto é devido, durante a laminação, aos sulfetos de manganês, de alta plasticidade, se alongarem e estes locais atuarem como prováveis pontos de início de trincas, devido ao acúmulo de tensões.<sup>(4)</sup>

Isto é problemático, devido a estas inclusões alinhadas geralmente se encontrarem no meio da espessura, locais onde se verificam maiores concentrações de [H] e segregação. A Figura 6 mostra trincas devido ao nível de tensões internas, provocadas provavelmente/pela concentração [H] e estruturas de tempera, propagando-se ao longo de sulfetos de manganês.

Além das técnicas normais de dessulfuração na USIMINAS, têm sido realizadas experiências, tanto na escala de laboratório como industrial, visando minimizar a influência destas inclusões sobre a anisotropia de propriedades mecânicas, através da utilização / de globulizadores de inclusões (terras raras e Zr). Estes elementos atuam como controladores da forma de inclusões no produto final, através da diminuição da plasticidade das mesmas, o que indiretamente diminui consideravelmente a ocorrência de trincas internas.

## 2.2. Sistemática de Controle

A qualidade interna das chapas grossas, originadas / tanto do lingotamento contínuo como do convencional, depende, em quase sua totalidade, da técnica de fabricação nos conversores e lingotamentos. Atualmente, alguns aspectos são observados com maior rigor, como por exemplo, definição da hora ideal para adição dos fundentes, controle do fim de sopro, secagem dos ferros ligas, temperaturas, velocidade de lingotamento, além de outros.

No lingotamento contínuo, o parâmetro definidor da performance interna do material é a impressão de Baumann, retirada de cada veio e corrida produzida. A avaliação prática dos níveis de defeitos detetados no UST, com precisão, é uma condição básica para o homem que trabalha com a qualidade chapas grossas. A classificação do nível de segregação é feita por letras e na Tabela I é possível observar como isso é feito. A espessura do defeito é definido por números.

As Figuras 7 e 8 correlacionam os resultados dos Baumann's de placas e chapas grossas com a recusa no UST e a Figura 9 faz uma correlação entre os resultados dos Baumann's das placas e chapas grossas.

### 2.3. Influência sobre a Soldabilidade

O grau de soldabilidade do material é uma das características de maior importância, na atual filosofia de "garantia de aplicação". Desta forma, é dada especial ênfase sobre o nível de qualidade interna, já que é fator determinante no aparecimento de "lamellar tearing" por ocasião da soldagem.

A ocorrência de "lamellar tearing", na maioria dos casos, é devida a juntas altamente restringidas e, em menor escala, ao grau de limpidez do material. Atualmente, uma das técnicas mais apuradas, no sentido de definir a suscetibilidade do material a este defeito, é o teste de tração no sentido da espessura.<sup>(6)</sup> A Figura 10 mostra a suscetibilidade do material em apresentar "lamellar tearing" em função da redução de área do corpo de prova no teste de tração no sentido da espessura.

A quantidade, forma e distribuição das inclusões, / principalmente sulfeto de manganês, e o nível de segregação do material, colaboram decisivamente no aumento da suscetibilidade em apresentar o referido defeito na soldagem.

Para se determinar o grau de limpidez do material, ou melhor, a suscetibilidade do material em apresentar "lamellar tearing", usa-se, além do teste de tração no sentido da espessura, a observação da fratura do corpo de prova de tração normal e o ensaio por ultra-som a altas frequências.

A figura 11 mostra na fratura do corpo de prova de tração normal, a grande suscetibilidade do material em apresentar "lamellar tearing".

A Tabela II mostra o critério de análise e julgamento da fratura de corpos de prova de tração.

A técnica de ensaios por ultra-som a altas frequências (12 MHz) é muito utilizada na determinação da suscetibilidade do material em apresentar este defeito, onde relaciona-se a atenuação dos ecos com a aparecimento de "lamellar tearing" durante a fabricação.<sup>(3)</sup>

A Figura 12 ilustra este fenômeno.

Como pode ser visto, dependendo da aplicação, a ausência de descontinuidades internas não é suficiente. É necessário também um alto grau de limpidez do material, de tal modo que permita a sua aplicação sem maiores transtornos.

### 3. CONCLUSÃO

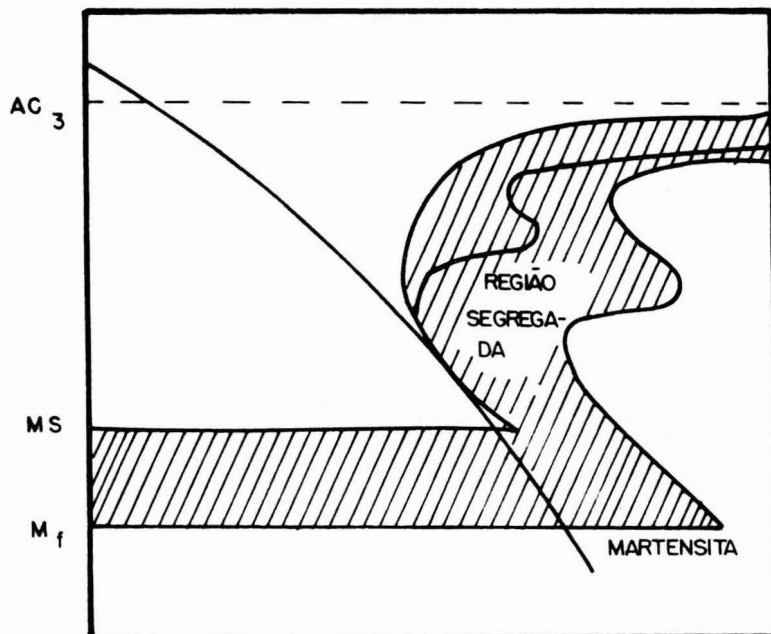
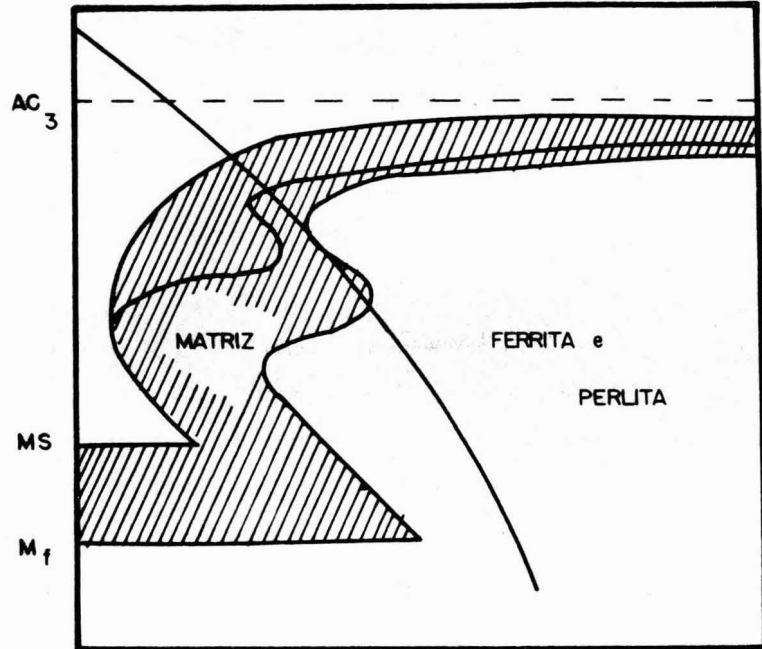
Normalmente os fatores que influenciam a qualidade / interna de chapas grossas, concentração de [H] , segregação de elementos solúveis e morfologia, quantidade e distribuição de inclusões não metálicas nunca atuam em separado, tornando o problema ainda mais crítico.

A USIMINAS, guiada pelas imposições do seu atual programa de controle de qualidade, tem procurado aprimorar cada vez mais as suas técnicas de produção e inspeção. Assim, os modernos sistemas de degaseificação a vácuo de vibração eletromagnética de resfriamento controlado de placas e de inspeção "on line" por ultra-som já estão se tornando realidade. Esses itens, num futuro muito próximo, estarão fazendo parte da linha de produção da USIMINAS, com o objetivo precípuo de fornecer, aos consumidores de aço, produtos com garantia de alta qualidade interna.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Taiss, E. J. M e Guimarães, N.C - Análise da recusa por ultra-som no material da classe de 50 kg/mm<sup>2</sup> produzido no lingotamento contínuo - Usiminas - Dez./77.
2. Fujita, H. et al - Nuevos aspectos en el mejoramiento de la calidad en el processo de colada continua - ILAFA, 1977.
3. Shiomi, Y - Normalização antecipada e o efeito da desidrogenação- Informação técnica NSCo - Usiminas - Dez./78.
4. Kiessling, R - Non-metallic inclusions in steel - The Metals society, 2a ed - Londres - 1978.
5. Ozaki, K - Relação entre os defeitos das placas do lingotamento contínuo e das respectivas chapas grossas - Informação técnica, Usiminas - Abr./78.
6. Farrar, J.C.M; Dolby, R.E e Baker, R.G - Lamellar tearing in welded steel fabrication - WVRS - Cambridge - 1969.
7. Unidade de Padronização e Coordenação - Desenvolvimento de aços da classe de 50 kg/mm<sup>2</sup> no lingotamento contínuo - Usiminas, / maio/79.
8. Farrar, J.C.M; Dolby, R.E e Baker, R.G - Lamellar tearing in welded structural steels - Cambridge - 1972.





TEMPO, ESCALA LOGARÍTMICA

FIG. 1—INFLUENCIA DA SEGREGAÇÃO NO APARECIMENTO DE ESTRUTURAS DE TÊMPERA (1)



FIG. 2 - ESTRUTURA METALOGRAFICA DA REGIÃO SEGREGADA. Nital 4% .500x<sup>(1)</sup>

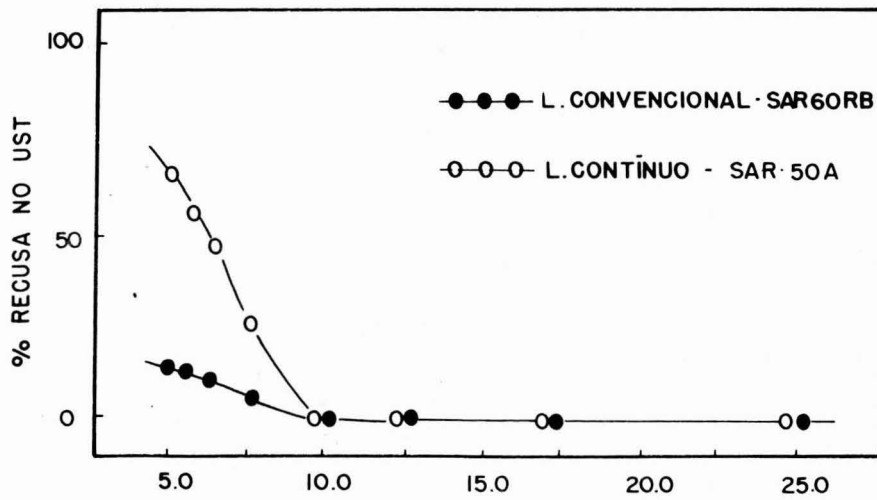


FIG. 3 - RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE DEFORMAÇÃO E A RECUSA NO ULTRA-SOM

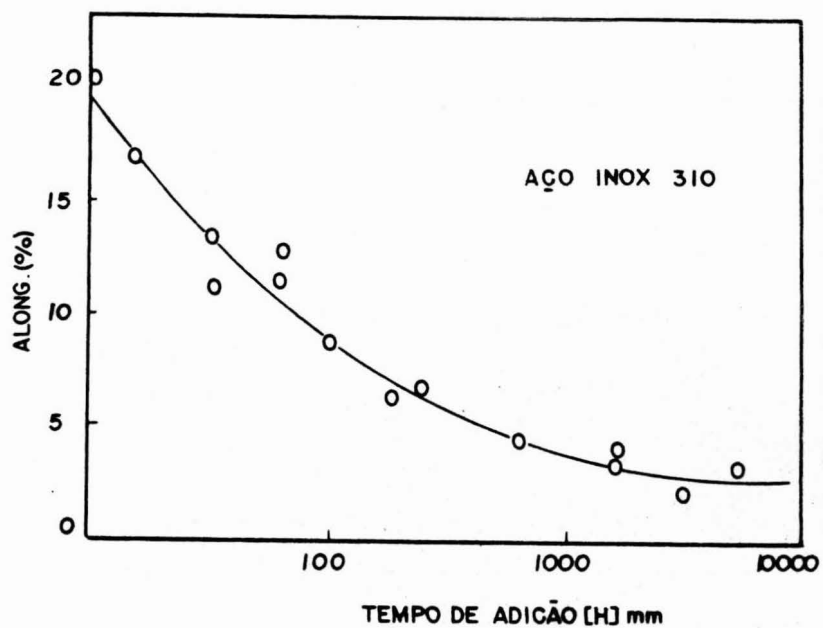


FIG. 4 - DIMINUIÇÃO DO ALONGAMENTO POR ADIÇÃO DE [H] (3)

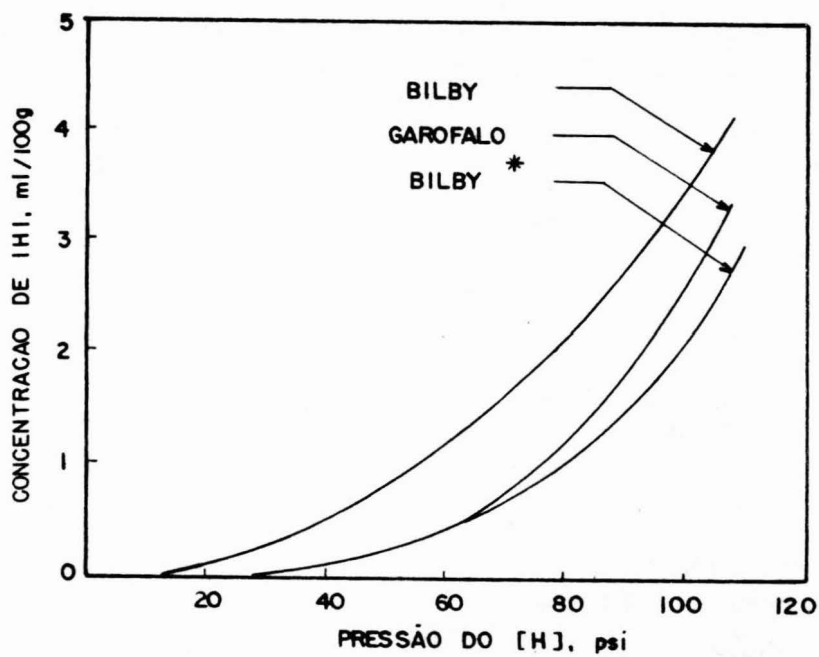


FIG. 5 - AUMENTO DA PRESSÃO INTERNA EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE [H] (3)

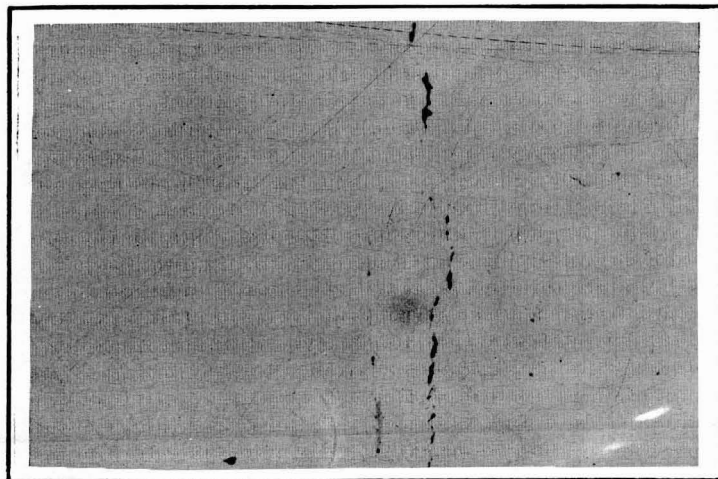


FIG. 6 - ASPECTO MICROGRÁFICO DA TRINCA S/ATAQUE  
200x (1)

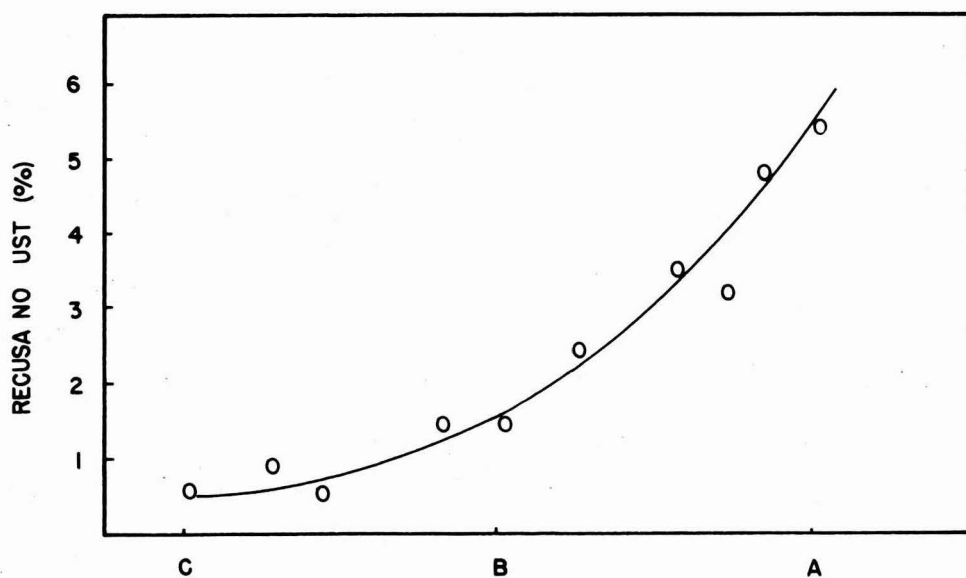


FIG. 7 - RECUSA NO ULTRA-SOM EM FUNÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE  
BAUMANN EM PLACAS.

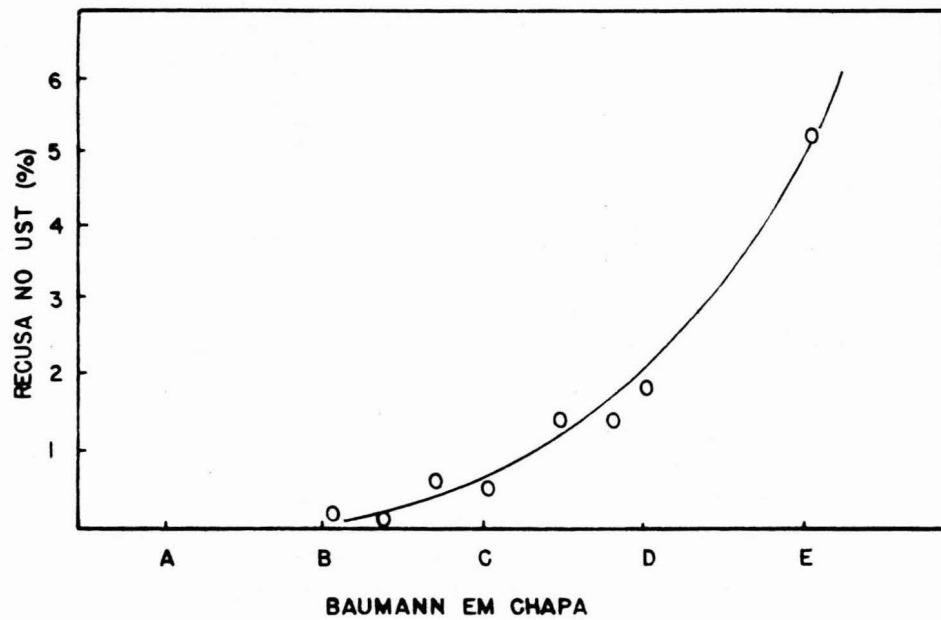


FIG 8 - RECUSA NO ULTRA-SOM EM FUNÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE BAUMANN EM C. GROSSAS.

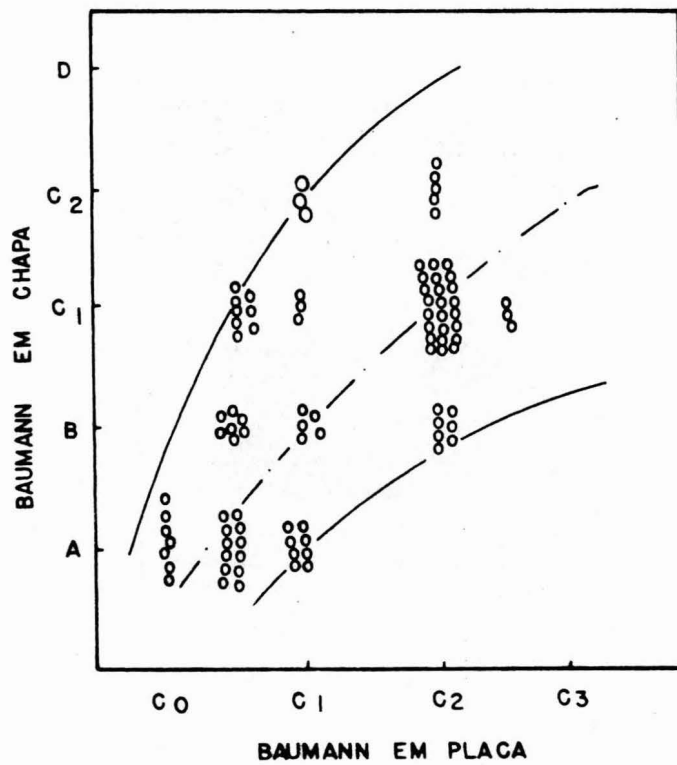


FIG 9 - RELAÇÃO ENTRE A CLASSIFICAÇÃO DE BAUMANN EM PLACA E C. GROSSAS (5)

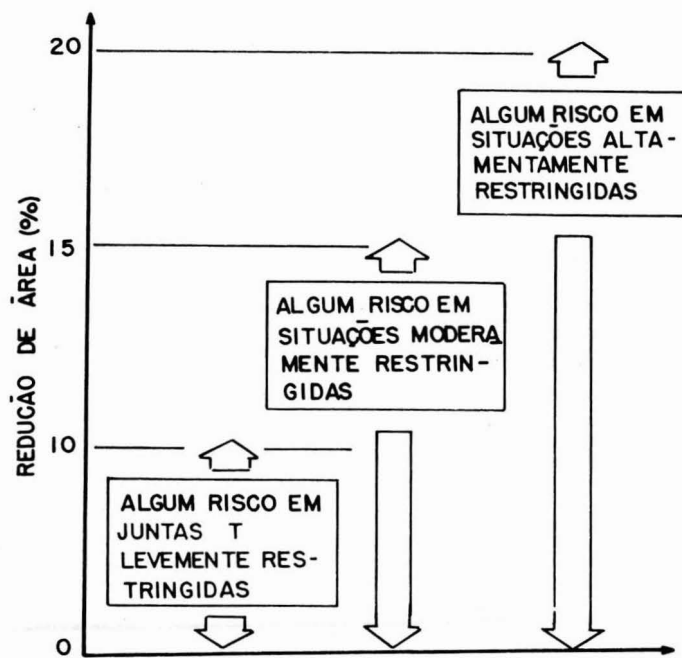


FIG. 10 - SUCEPTIBILIDADE DO MATERIAL EM APRESENTAR LAMELLAR TEARING. (6)

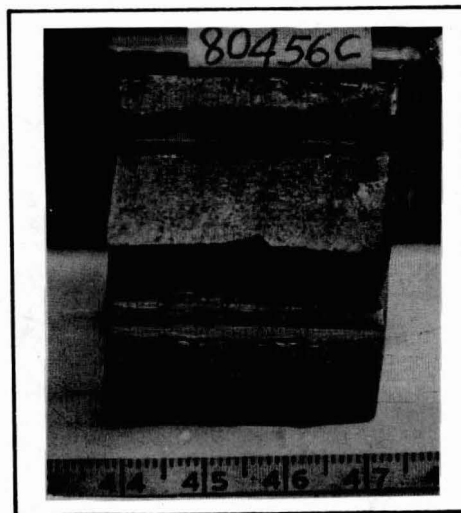


FIG. 11 - ASPECTO DA FRATURA INDICANDO A ALTA SUCEPTIBILIDADE A LAMELLAR TEARING. (7)

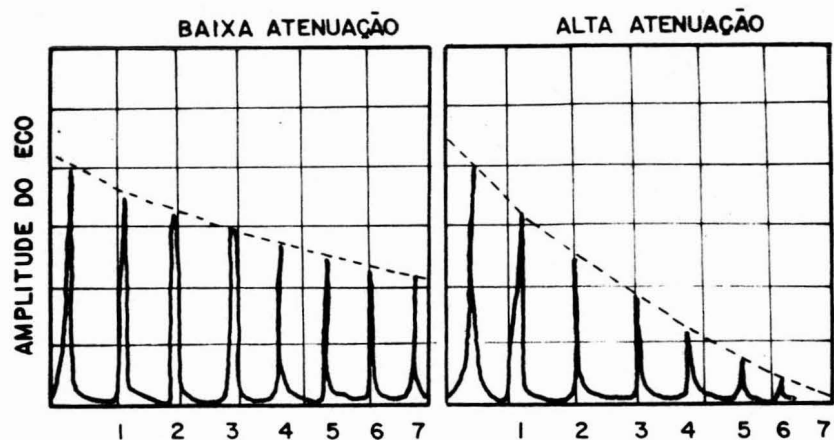


FIG. 12 - ATENUAÇÃO DO ECO NO ENSAIO POR ULTRA-SOM<sup>(8)</sup>

BAUMANN	CLASSE	ESP. mm	PROCEDIMENTO
PLACA	C	1.0	APROVADO
		2.0	VER APLICAÇÃO
	B	1.0	APROVADO
		2.0	RECUSADO
	A	QUALQUER	RECUSADO
C. GROSSA	A	QUALQUER	APROVADO
	B	1.0	
		2.0	VER APLICAÇÃO
	C	1.0	APROVADO
		2.0	VER APLICAÇÃO
	D	QUALQUER	RECUSADO
	E		

TAB. I - CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE SEGREGAÇÃO E SISTEMÁTICA DE PROCEDIMENTO

CLASSE	TRINCAS NA FRATURA		JULGAMENTO
	ASPECTO	COMPRIMENTO	
A	NÃO ATINGE LATERAL DO CORPO DE PROVA	$C \leq 1/2 W$	APROVADO
B		$1/2 < C < W$	APROVADO COM UST
C	ATINGE 1 LADO	QUALQUER	APROVADO COM UST
D	ATINGE 2 LADOS	W	RE-TESTE

TAB. II - ANÁLISE E JULGAMENTO DA FRATURA DO CORPO DE PROVA DE TRAÇÃO<sup>(5)</sup>

