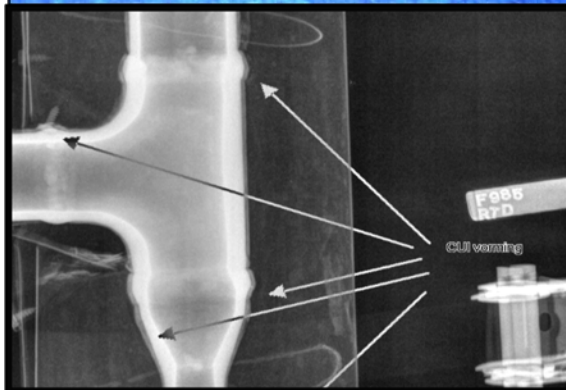
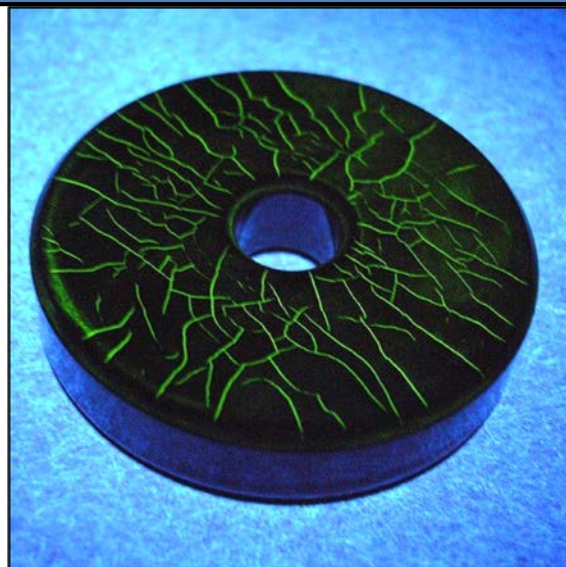


LOM 3084 – INSPEÇÃO E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

REFERÊNCIAS:

- **APOSTILAS-ABENDE-RICARDO ANDREUCCI;**
- **APOSTILAS DO CURSO DE UT-CETRE;**
- **MATERIAL DA GE INSPECTION TECHNOLOGIES.**

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

O ENSAIO DE ULTRASSOM

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

HISTÓRICO DO ULTRASSOM

- **1686** – Philosophiae Naturalis Principia Mathematica de Isaac **Newton**: primeiro tratado sobre o som- A teoria foi aperfeiçoada por Euler, d'Alembert e Lagrange, com base na mecânica dos meios Contínuos ;
- **1793** - observação do mecanismo de direção dos morcegos pelo italiano **Spallanzani**;
- **1825** - John William Strutt (**Lorde Rayleigh**) prevê a existência de ondas superficiais;
- **1877** - "Teoria do Som" foi publicada, inaugurando a física acústica moderna: John William Strutt (**Lorde Rayleigh**);
- **1880** – **Jaques e Pierre Curie** descobre a **piezoeletricidade**;
- Bater nas rodas de trem com martelo;

HISTÓRICO DO ULTRASSOM

- **1912** -Após o desastre do **Titanic**;
- **1928/1929** – **Sergei Sokolov**, na Rússia, experiências usando cristais de quartzo para introduzir vibrações ultrassônicas em materiais e demonstrou que ondas ultrassônicas poderiam ser utilizadas em lugar dos raios-X para detectar descontinuidades em materiais;
-
- **1940** - Dr. Floyd **Firestone** of the University of Michigan -1º método prático para ensaio de UT (**patente é de 1942**)
- **1942** - O primeiro aparelho de ultrassom foi desenvolvido por **Donald Sproule**, Alemanha;
- Após a 2ª guerra descobriu-se que **Adolf Trost e Gots**, na Alemanha, e **Firestone**, nos EUA, desenvolveram, independentemente, **métodos similares**;
- 1947, **Sproule** desenvolveu o **cabeçote angular**.

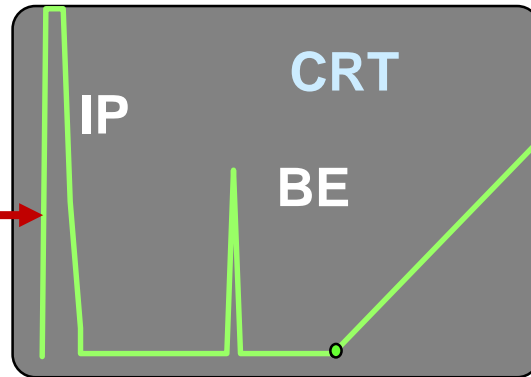
HISTÓRICO DO ULTRASSOM

- **1949** - Três cientistas alemães leram **artigos técnicos de Firestone: Herbert e Joseph Krautkrämer** em Colônia e **Karl Deutsch**, em Wuppertal;
- Os irmãos **Krautkrämer** eram **físicos** e **Karl Deutsch** era **Engenheiro Mecânico** e se associou a um **Engenheiro Eletrônico: Hans-Werner Branscheid**;
- **Iniciou-se uma competição** entre as duas alemãs, enquanto a **Firestone** saiu da área de **NDT**;
- **GE Inspection Technologies** e a **Krautkrämer** se fundiram em **2004**.

Prinzipiele: Analog technique

Amplifier

**Real time
signal display,
shot by shot**

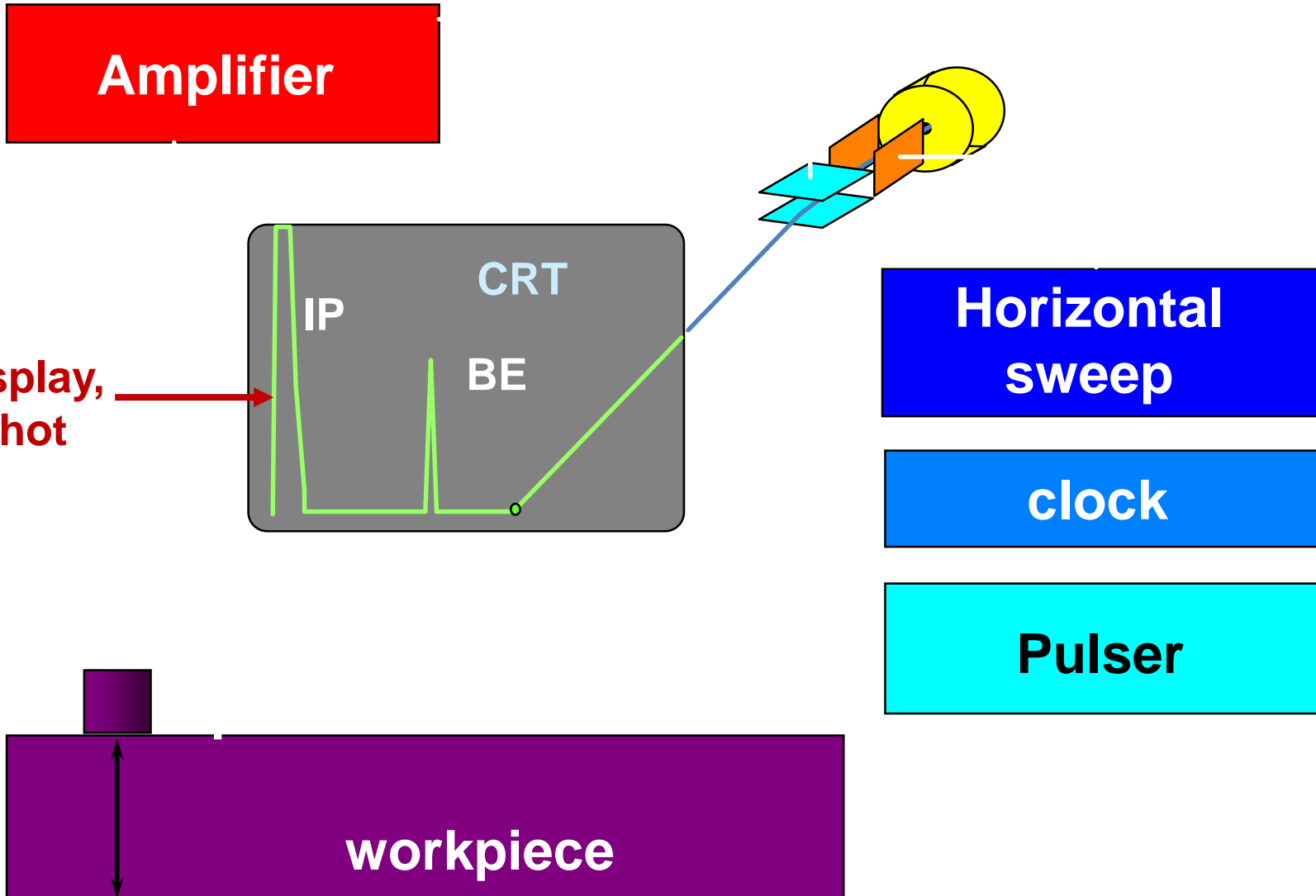


**Horizontal
sweep**

clock

Pulser

workpiece



$$\Delta V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Mas o feixe ultrassônico bate na interface metal/ar e volta:

$$\Delta V = \frac{\Delta S}{2\Delta t}$$

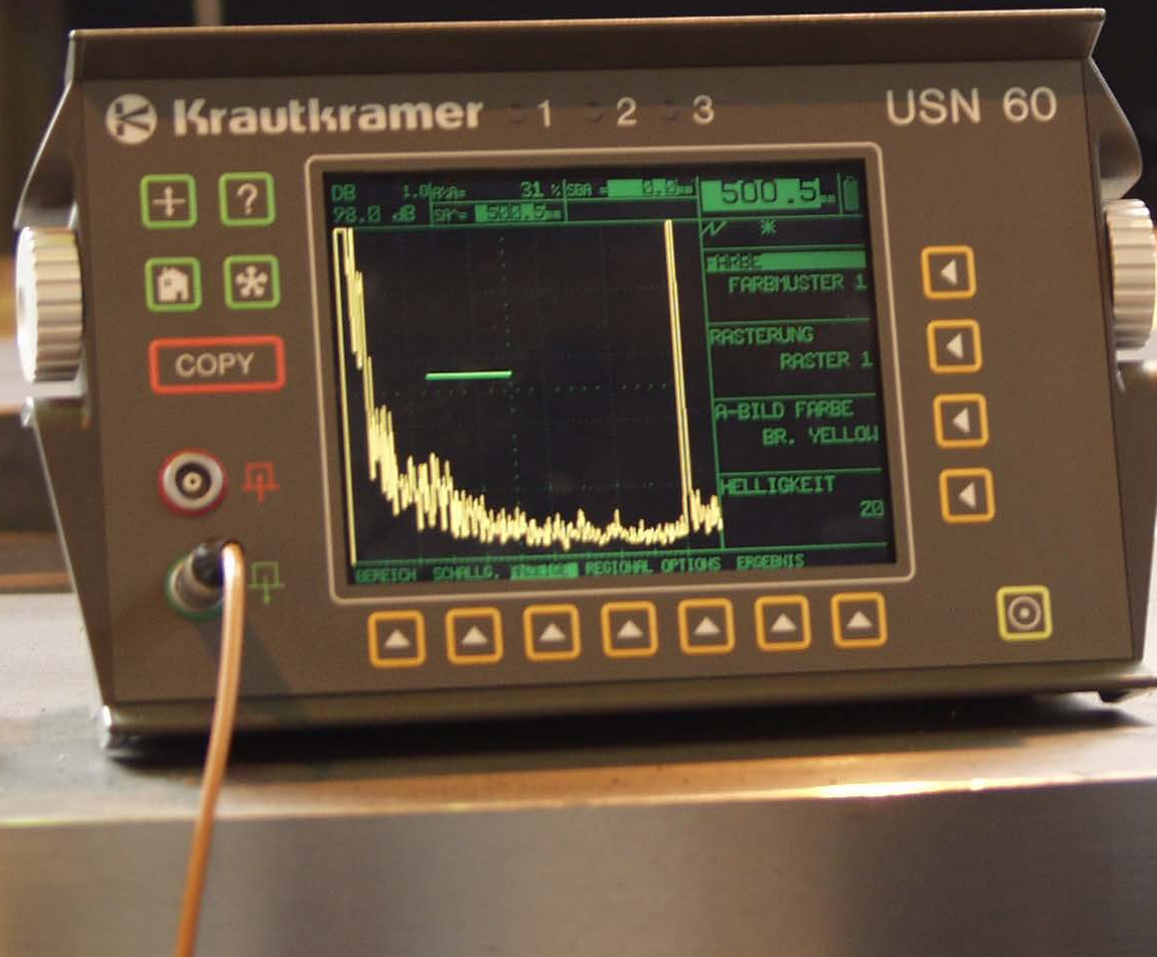
O tempo para gerar o sinal elétrico é t_0 :

$$\Delta V = \frac{\Delta S}{2\Delta t + t_0}$$

$$\Delta V_{aço} = 5.920m/s$$

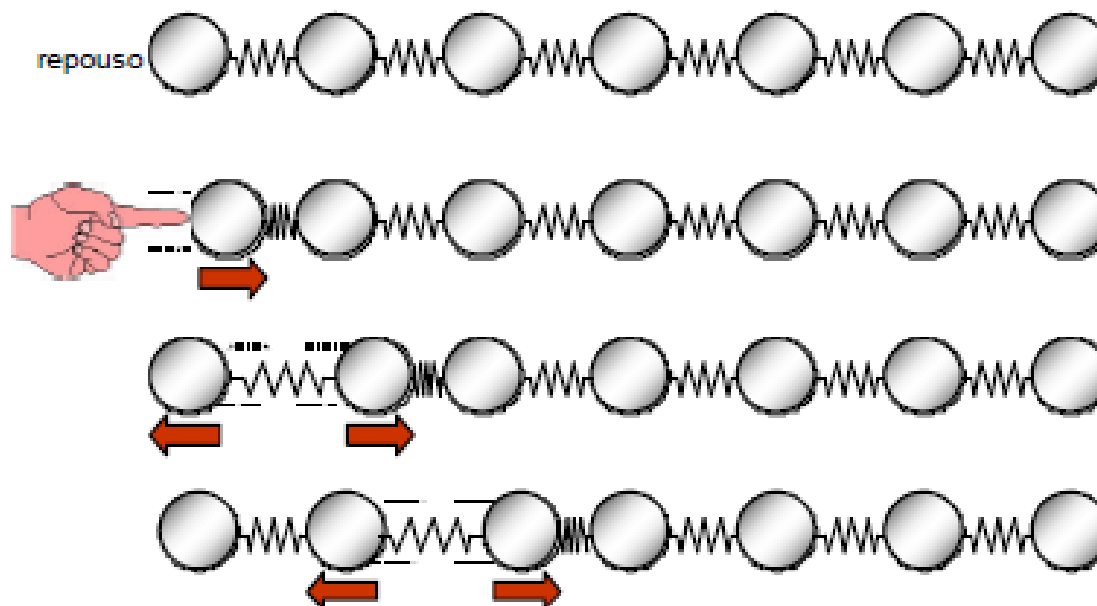
O equipamento mede o “tempo de vôo” (*time of flight*) e calcula a profundidade do defeito ou do eco de fundo

USN 60



Tipos de Ondas

Ondas longitudinais (Ondas de compressão)

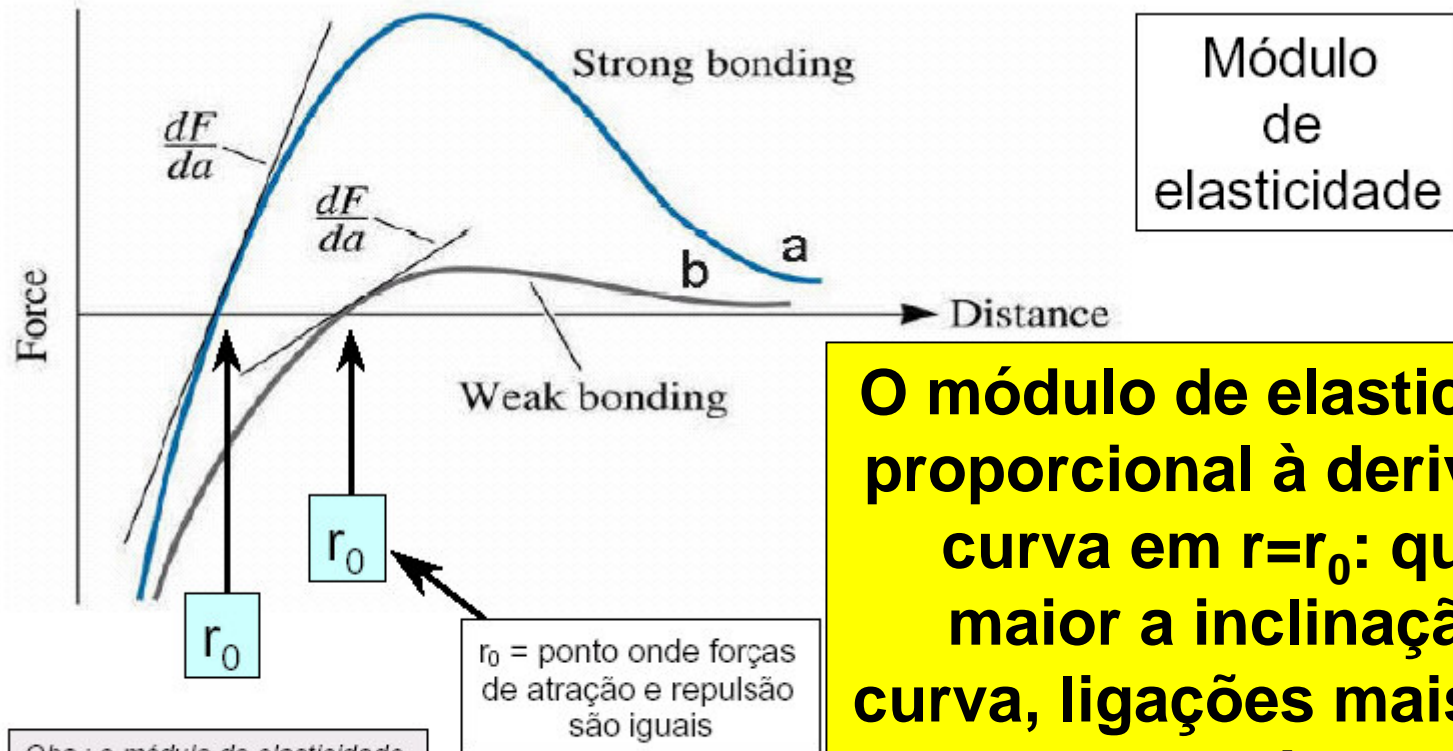


Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Velocidades de Propagação das Ondas Longitudinais

Material	Velocidade m/s
Ar	330
Alumínio	6300
Cobre	4700
Ouro	3200
Aço	5900
Aço inoxidável	5800
Nylon	2600
Óleo(SAE30)	1700
Água	1480
Prata	3600
Titânio	6100
Níquel	5600
Tungstênio	5200
Magnésio	5.800
Acrílico	2.700
Aço Inoxidável	5.800
Aço Fundido	4.800

Propriedades mecânicas: módulo de Elasticidade



Módulo de elasticidade

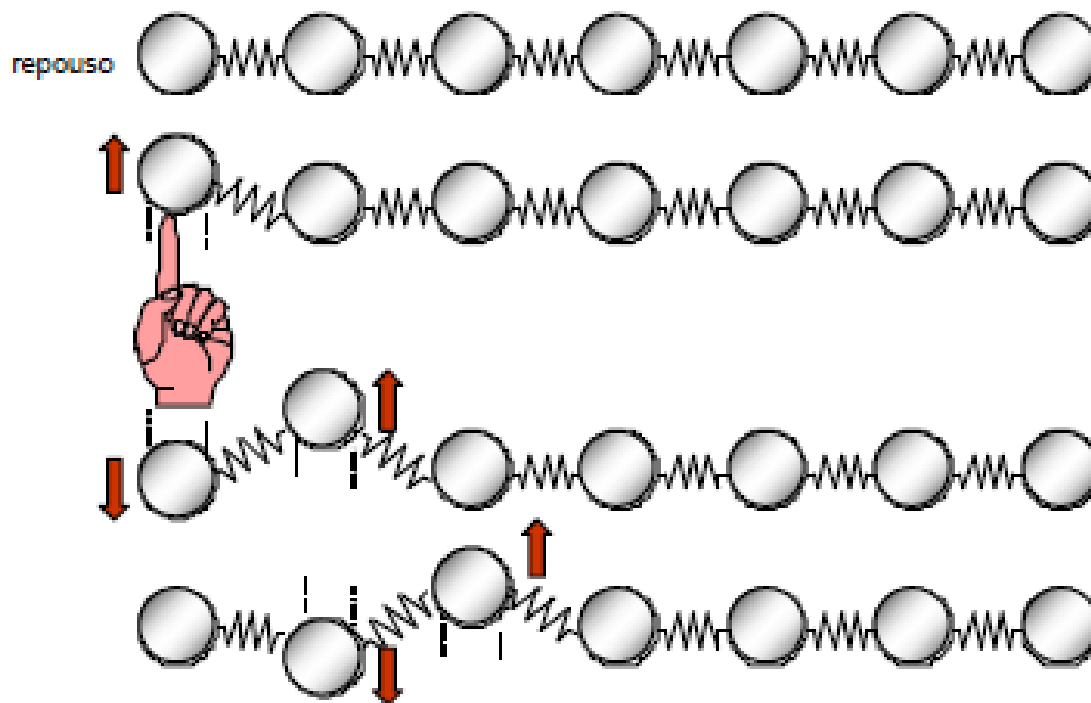
O módulo de elasticidade é proporcional à derivada da curva em $r=r_0$: quanto maior a inclinação da curva, ligações mais fortes, maior módulo de elasticidade. Material a tem maior módulo que material b!

Obs.: o módulo de elasticidade é uma propriedade mecânica que será estudada em detalhe mais à frente no curso

r_0 = ponto onde forças de atração e repulsão são iguais

Tipos de Ondas

Ondas transversais (ou ondas de cisalhamento)



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Velocidades de Propagação das Ondas Transversais

Material	Velocidade m/s
Ar	-
Alumínio	3100
Cobre	2300
Acrílico	1100
Alumínio	3100
Ouro	1200
Aço	3200
Aço Inoxidável	3100
Aço Fundido	2400
Nylon	1100
Óleo(SAE30)	-
Água	-
Prata	1600
Titânio	3100
Níquel	3000
Magnésio	3000

Fonte: Ultrasonic Testing, Krautkramer

Tipos de Ondas

Ondas superficiais ou Ondas de Rayleigh:

- Propagam-se na superfície dos sólidos;
- Oriundas de um complexo movimento oscilatório das partículas da superfície;
- Velocidade de propagação é de aproximadamente 10% menor que a de uma onda transversal;
- Quando não possui a componente normal, recebe a denominação de ondas de “Love”- utilizada apenas para ensaio em recobrimentos;
- Quando o comprimento de onda é próximo à espessura da chapa ensaiada, recebe o nome de ondas de “Lamb”;
- Só detectam descontinuidades superficiais: UT é muito complexo para este fim.

Ondas superficiais ou Ondas de Rayleigh

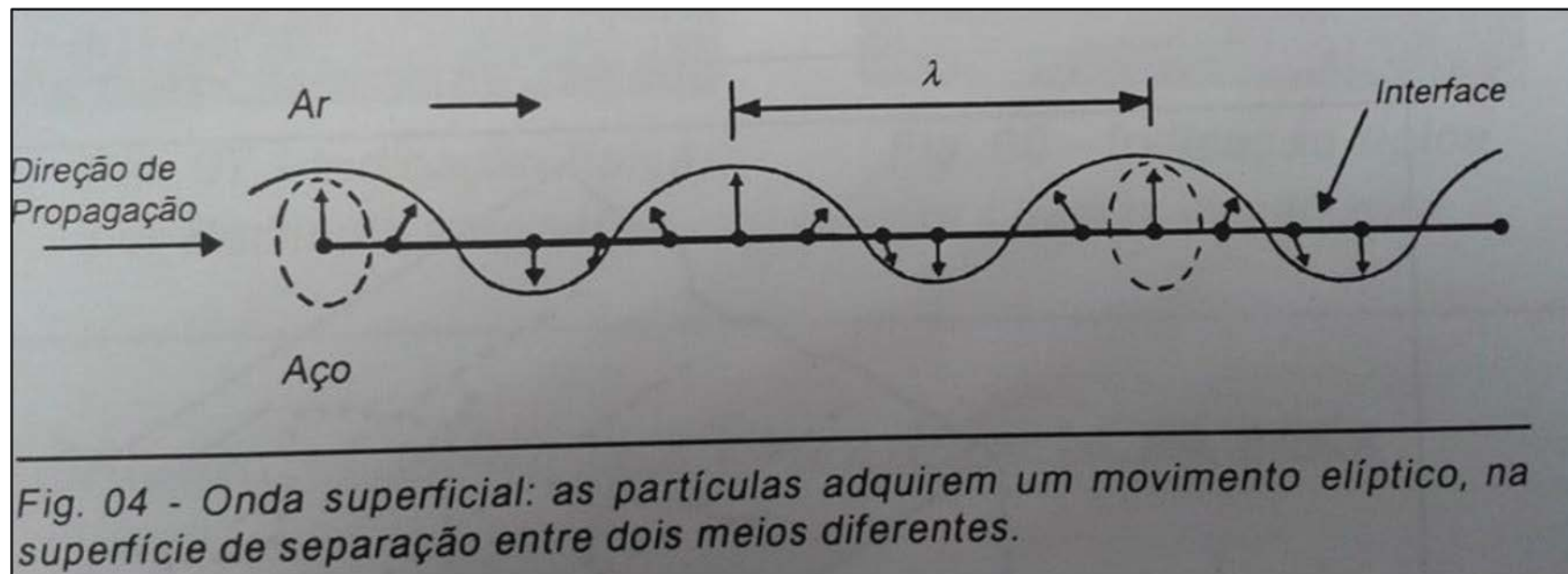
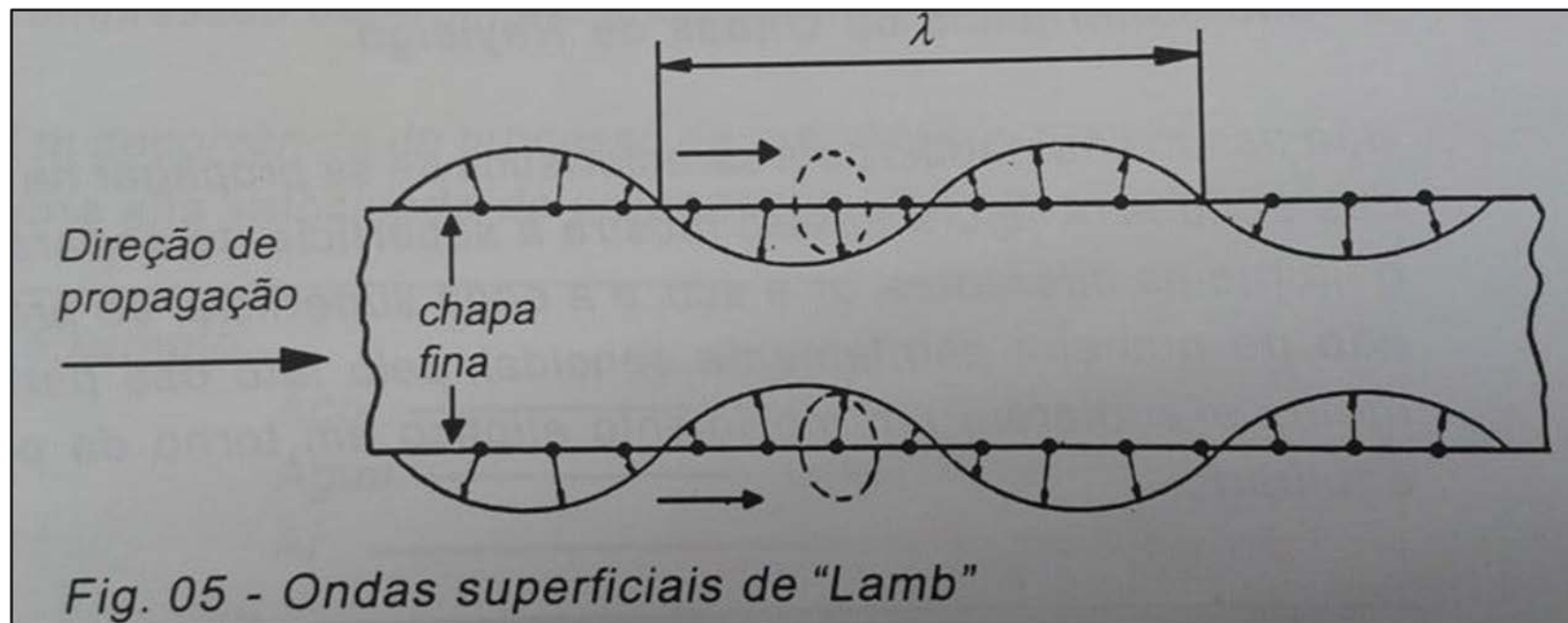


Fig. 04 - Onda superficial: as partículas adquirem um movimento elíptico, na superfície de separação entre dois meios diferentes.

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Ondas de "Lamb";



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Ondas de "Lamb";

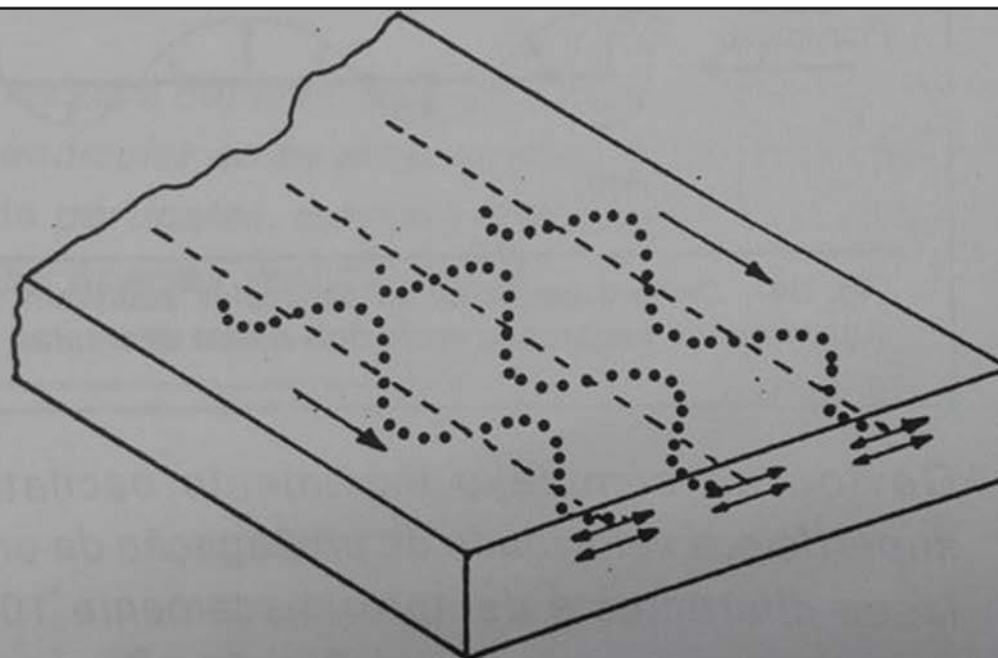


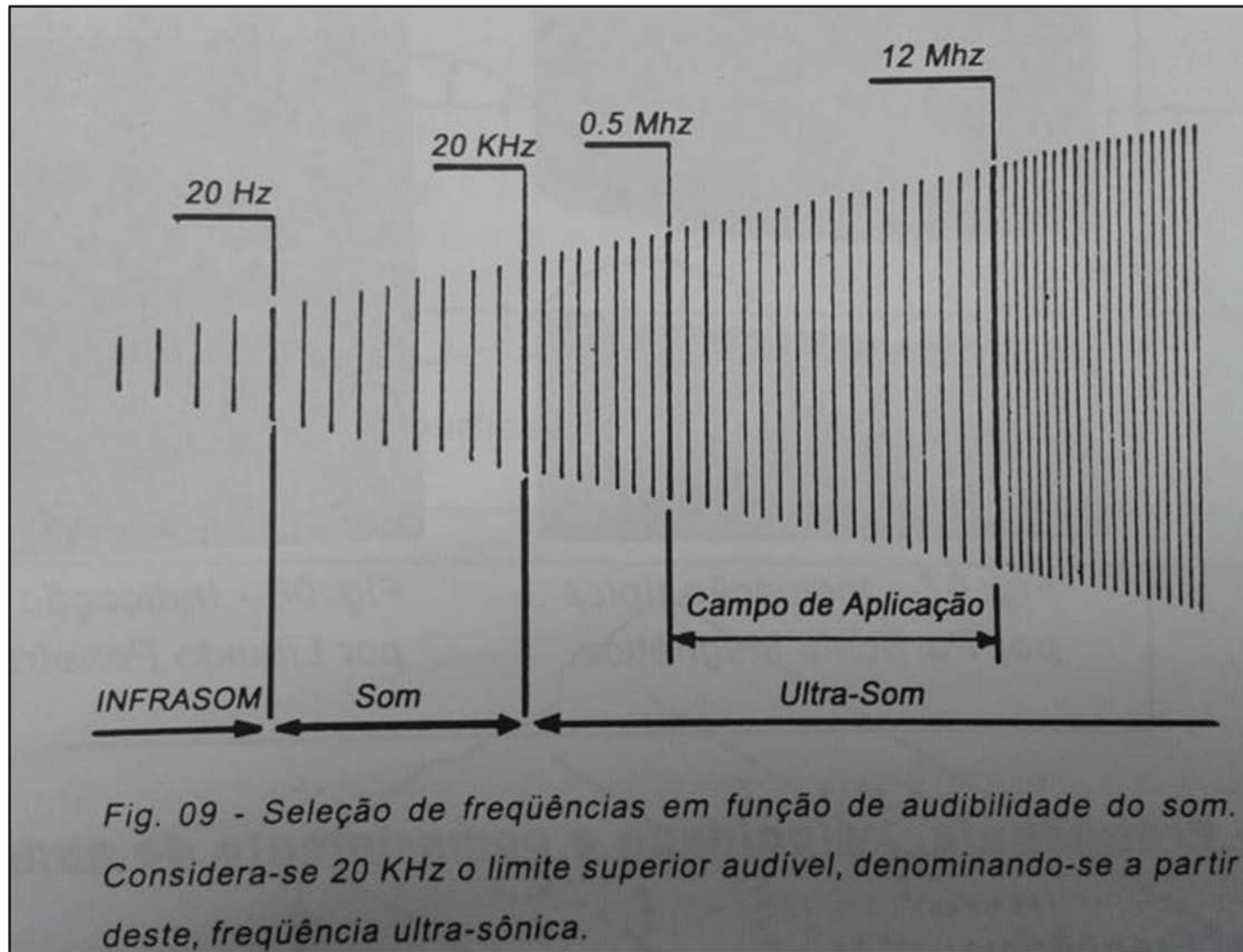
Fig. 06

As ondas de "Lamb" podem ser geradas a partir das ondas longitudinais, incidindo segundo um ângulo de inclinação em relação a chapa. A relação entre o ângulo e velocidade é feita pela relação:

$$\text{Sen } \alpha = \frac{\text{velocidade da onda longitudinal}}{\text{velocidade da onda de "Lamb"}}$$

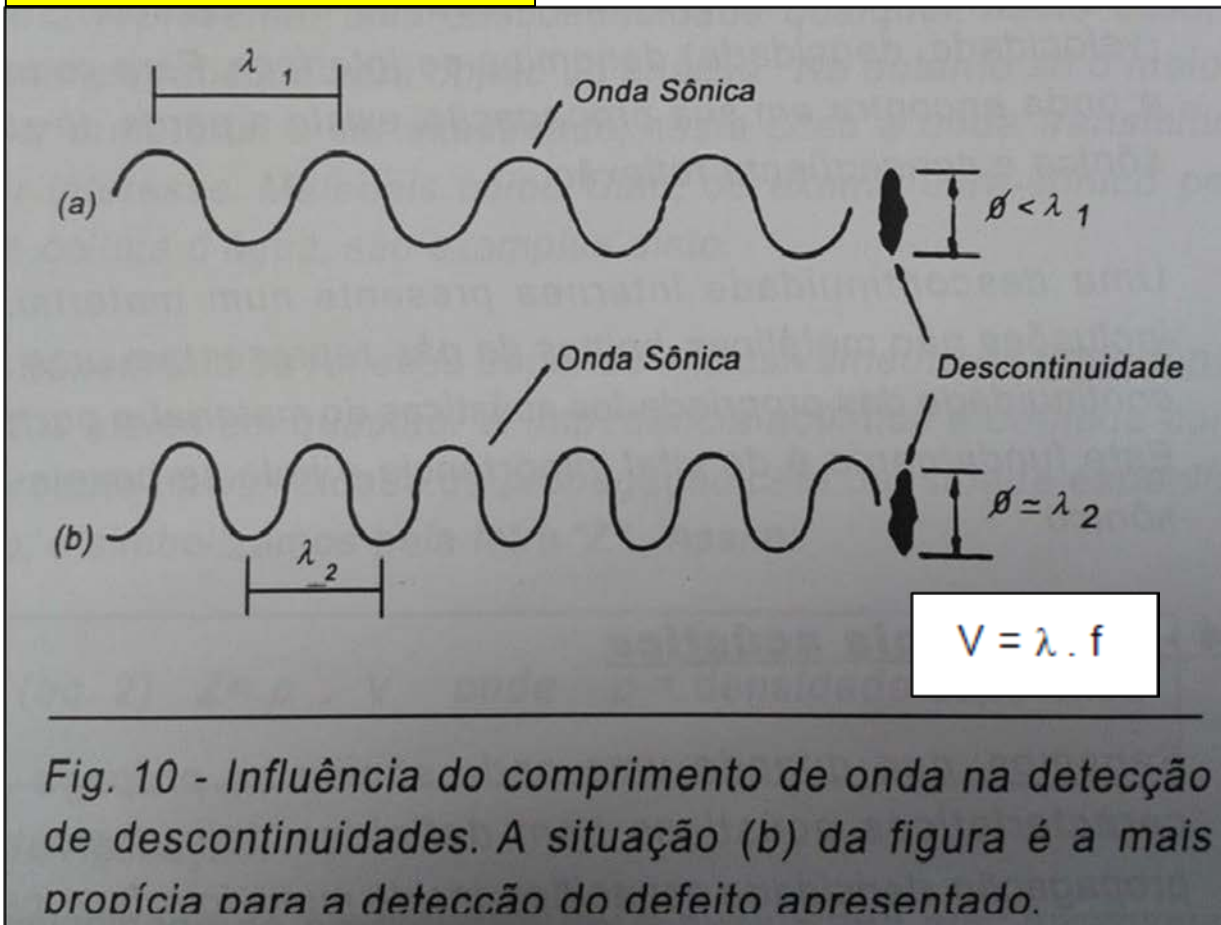
Frequência , Velocidade e Comprimento de Onda

Frequência: “ciclos por segundos” é normalmente conhecido por “Hertz”, abreviatura “Hz”.



Frequência , Velocidade e Comprimento de Onda

Comprimento de onda



MENOR DIÂMETRO MÉDIO DA DESCONTINUIDADE QUE PODE SER DETECTADO É : $\lambda/2$

O “Bell” abreviado “B” é uma grandeza que define o **nível de intensidade sonora (NIS)**:

$$NIS = \log \frac{I}{I_0} \text{B}$$

I e I₀ são duas intensidades sonoras medidas em (W/cm²). O decibell (dB) equivale a 1/10 do Bell :

$$NIS = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{dB}$$

Pela teoria dos movimentos harmônicos na propagação ondulatória: a intensidade de vibração é proporcional ao quadrado da amplitude sonora:

$$I = (A)^2$$

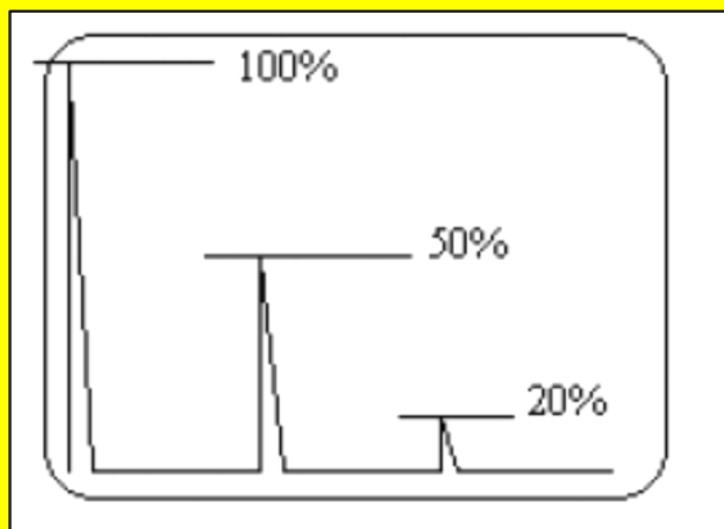
Então, N.A.S (nível de amplitude sonora):

$$NAS = 20 \log \frac{A}{A_0} \text{dB}$$

A e A₀ são amplitudes de sinais, emitida e recebida pelo transdutor ultrassônico, ou “Ganho” (G).

$$G = 20 \log \frac{A}{A_0} \text{dB}$$

Quais são os ganhos correspondentes a uma queda de 50 % e 20 % nas amplitudes de dois sinais na tela do aparelho de ultrassom , como mostrado na figura abaixo?



a) para variação de 50%

$$G = 20 \log 0,50 \text{ dB}$$

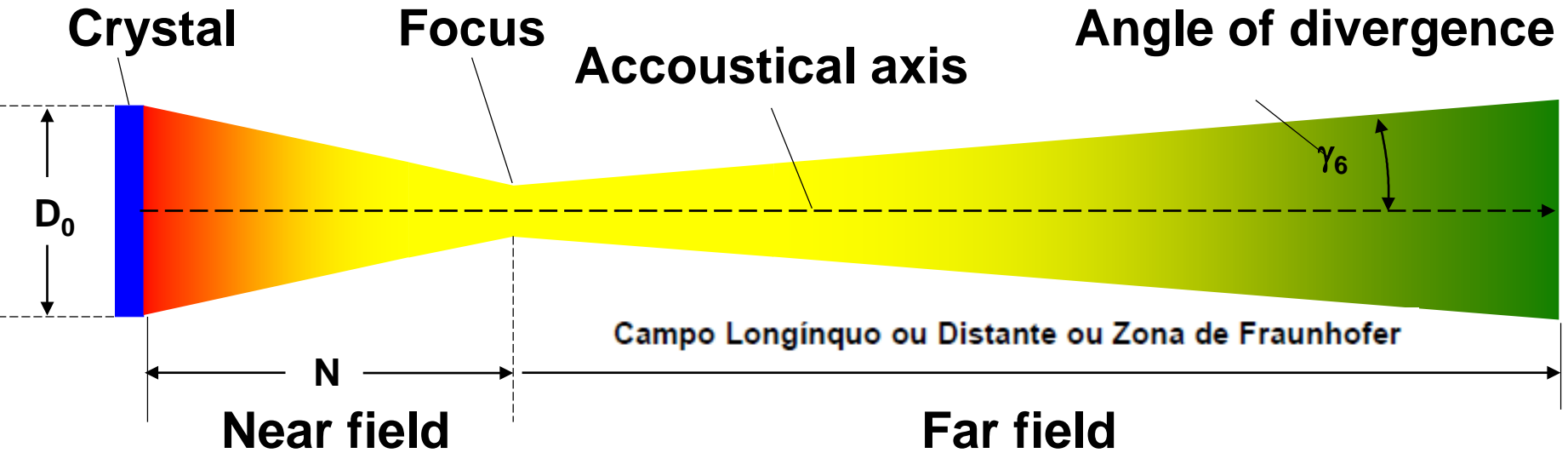
$$G = - 6 \text{ dB}$$

b) para variação de 20 %

$$G = 20 \log 0,20 \text{ dB}$$

$$G = -14 \text{ dB}$$

Sound field and divergence angle



$$N = \frac{D_{eff}^2 f}{4c}$$

N =near field length

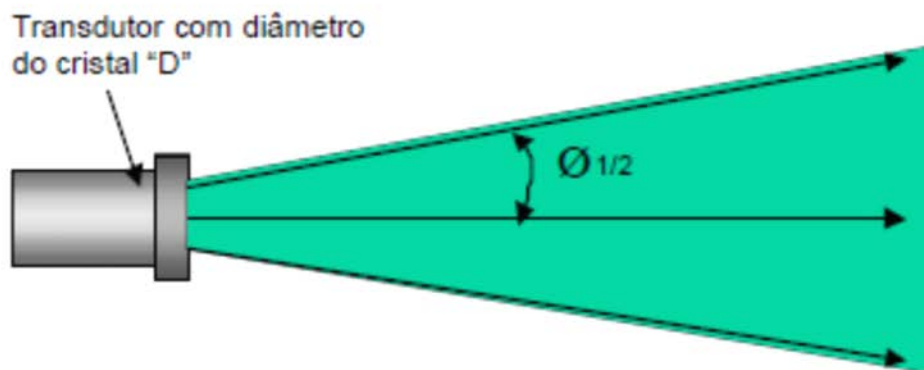
Campo Próximo ou Zona de Fresnel

$$\sin \gamma_6 = 0.5 \frac{c}{D_{eff} f}$$

γ_6 = angle of divergence for amplitude drop to 50% (-6dB)

$$D_{eff} \approx 0.97 D_0$$

O campo próximo representa para efeitos práticos, uma dificuldade na avaliação ou detecção de pequenas descontinuidades, isto é, menores que o diâmetro do transdutor, situadas nesta região próximas do transdutor. Portanto o inspetor de ultra-som deve ficar atento a este problema.

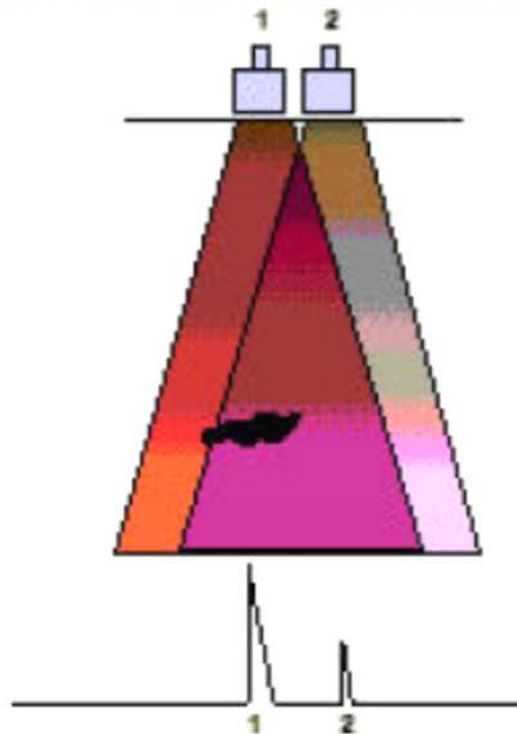


$$\text{Sen } 1/2 \text{ Ø} = k \cdot \text{Velocidade} / \text{frequência} \times \text{diâmetro}$$

Valores de k em função da redução da intensidade sônica

k	%	dB
0,37	71	-3,0
0,51	50	-6,0
0,70	25	-12,0
0,87	10	-20,0
0,93	6	-24,0
1,09	1	-40,0
1,22	0	0

A figura abaixo mostra a diferença de sensibilidade (altura do eco de reflexão) quando detectamos o defeito com o feixe ultra-sônico central (1) e quando detectamos o mesmo defeito com a borda do feixe ultra-sônico (2).



Varição da sensibilidade de detecção em função da divergência

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Atenuação Sônica

- A **onda sônica** ao percorrer um material qualquer **sofre**, dispersão e absorção, resultando na **redução da sua energia**;
- Causas: anisotropia, estrutura. Exemplo: fundidos com **grãos de grafite e ferrita** com **propriedades elásticas distintas**, grãos grosseiros;
- Na realidade, a atenuação total é resultado da perda de pressão ou intensidade sônica combinada à divergência.

$$p = P_0 \cdot e^{-\alpha \cdot d} \quad (\text{eq. 8})$$

onde

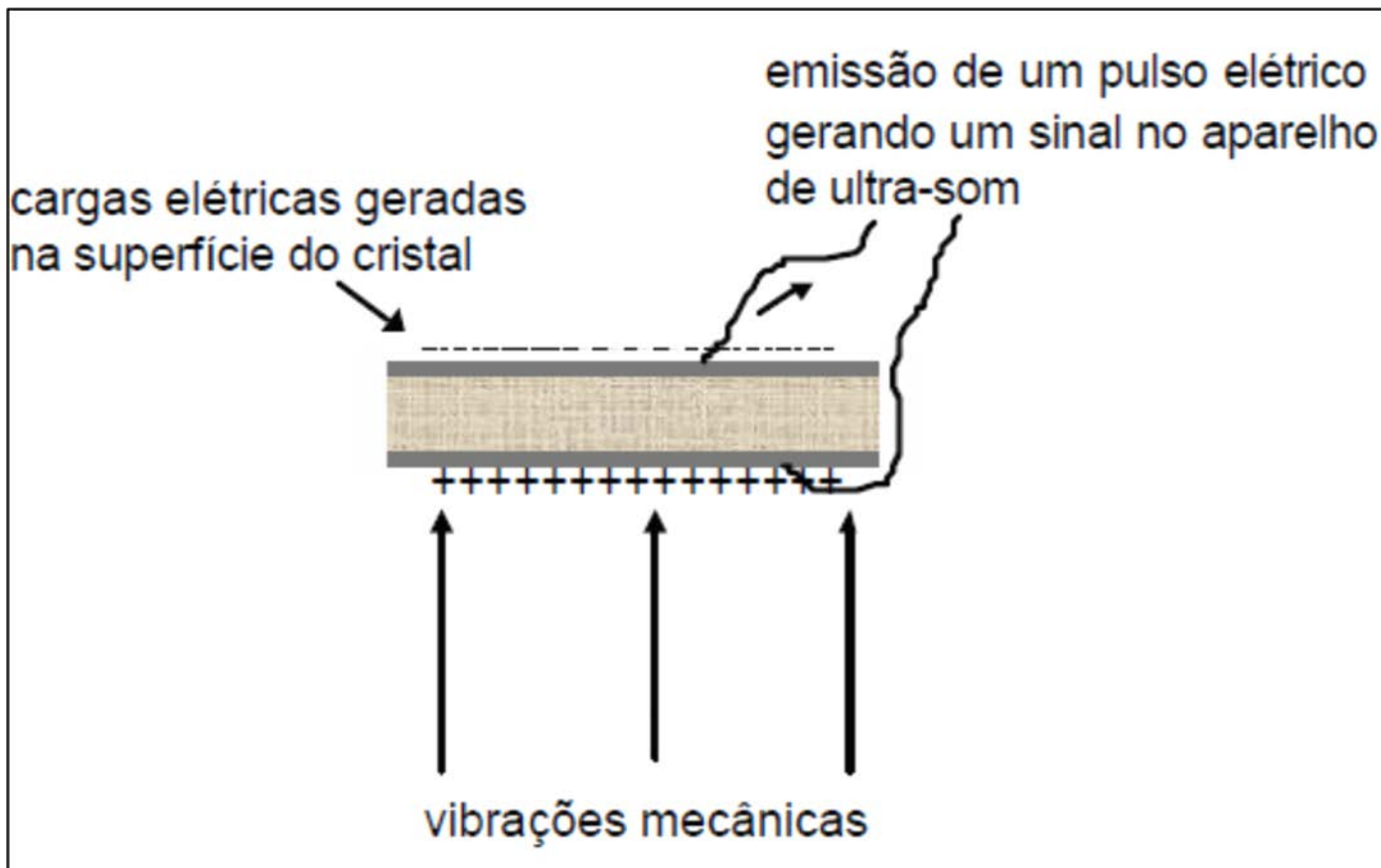
P_0	=	Pressão sônica incidente
α	=	coeficiente de atenuação
d	=	distancia percorrida pela onda

A tabela abaixo , apresenta alguns valores de atenuação.

Material aço Cr-Ni	Atenuação Sônica em (dB/mm)
Forjados	0,009 a 0,010
Laminados	0,018
Fundidos	0,040 a 0,080

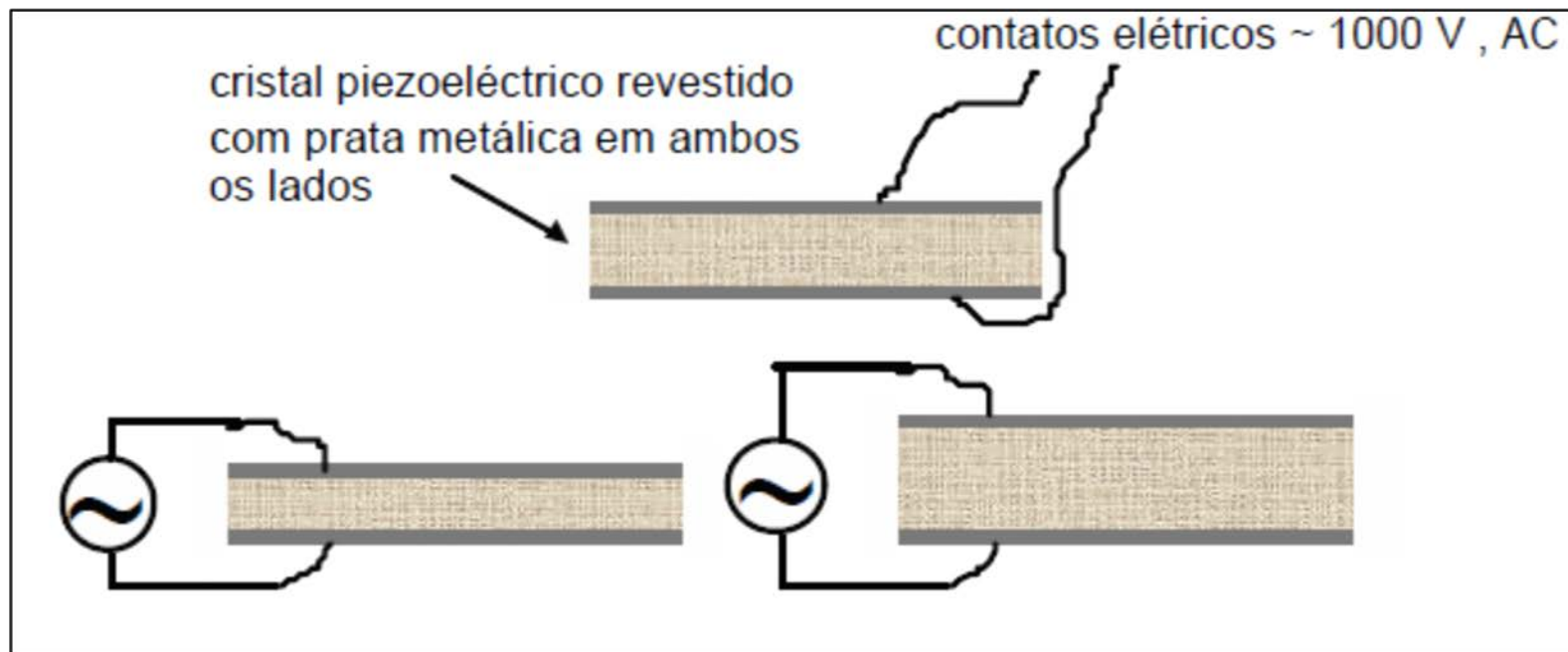
A avaliação da atenuação do material na prática pode ser feita através do uso dos diagramas AVG ou DGS mostrados a seguir.

Piezoelasticidade



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Eletroestricção



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



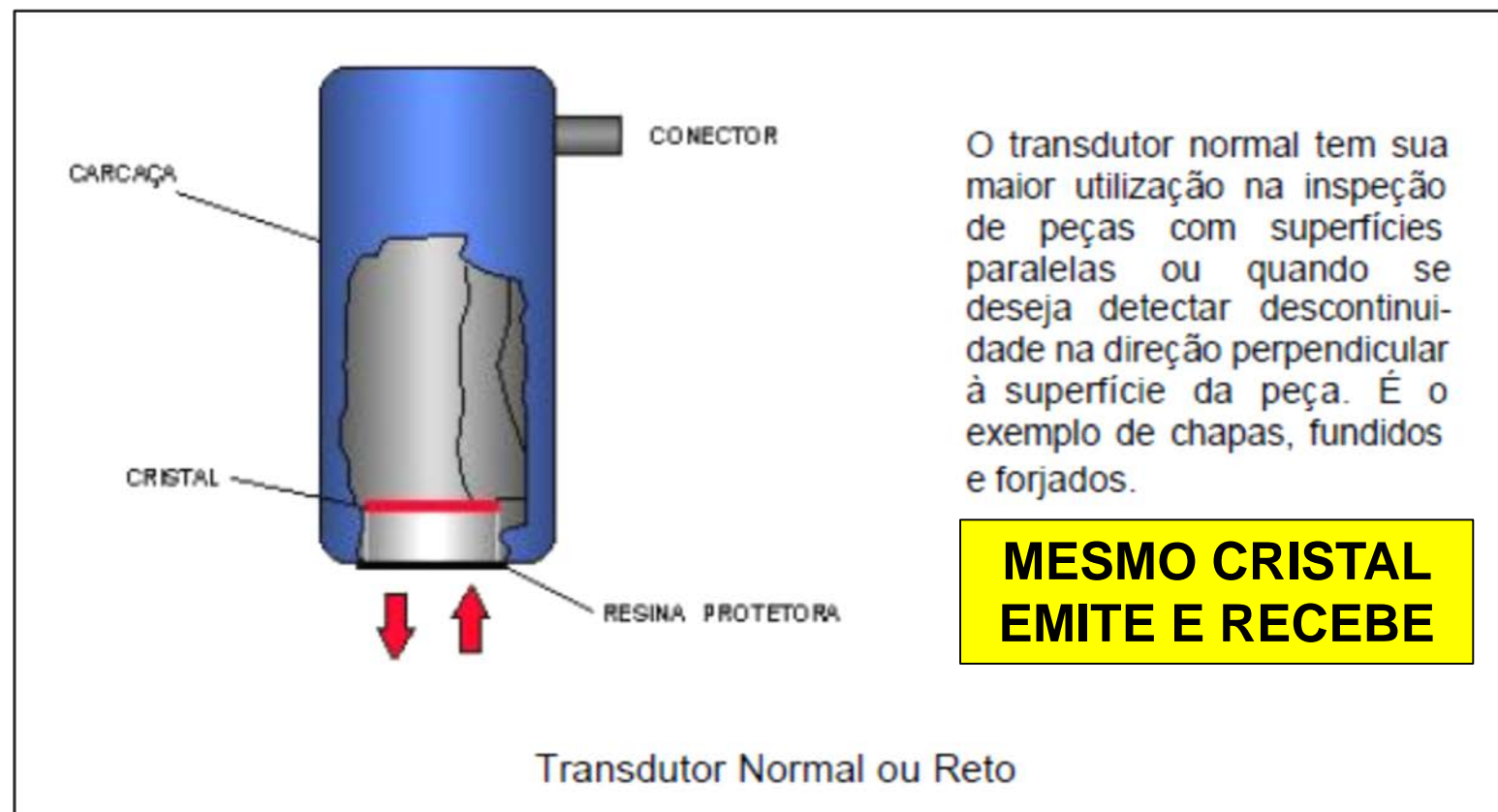
Tipos de cristais transdutores mais utilizados na fabricação dos cabeçotes

Materiais piezelétricos são: o quartzo, o sulfato de lítio, o titanato de bário, o metaniobato de chumbo.

	QUARTZO	TITANATO DE BÁRIO	SULFATO DE LÍTIO	METANIÓBATO DE CHUMBO
EFICIÊNCIA DE GERAÇÃO	BAIXA	ALTA	MÉDIA	BOM
EFICIÊNCIA DE RECEÇÃO	MÉDIA	MÉDIA	ALTA	MÉDIA
DUREZA	FRÁGIL	BOA (15 ANOS)	FRÁGIL	ENVELHECIMENTO RÁPIDO
SOLUBILIDADE	NÃO	NÃO	SOLÚVEL EM ÁGUA	NÃO
TEMPERATURA	PONTO CURTE *576°C	60°C	60°C	300°C
OBRS	MELHOR ESTABILIDADE ELÉTRICA	MELHOR GERAÇÃO TRANSMISSOR	MELHOR RECEÇÃO	MELHOR PARA ALTA TEMPERATURA

* Permite no tempo mínimo de 5seg. até 120°C

Os cristais acima mencionados são montados sobre uma base de suporte (bloco amortecedor) e junto com os eletrodos e a carcaça externa constituem o transdutor ou cabeçote propriamente dito. Existem três tipos usuais de transdutores: Reto ou Normal, o angular e o duplo - cristal.



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

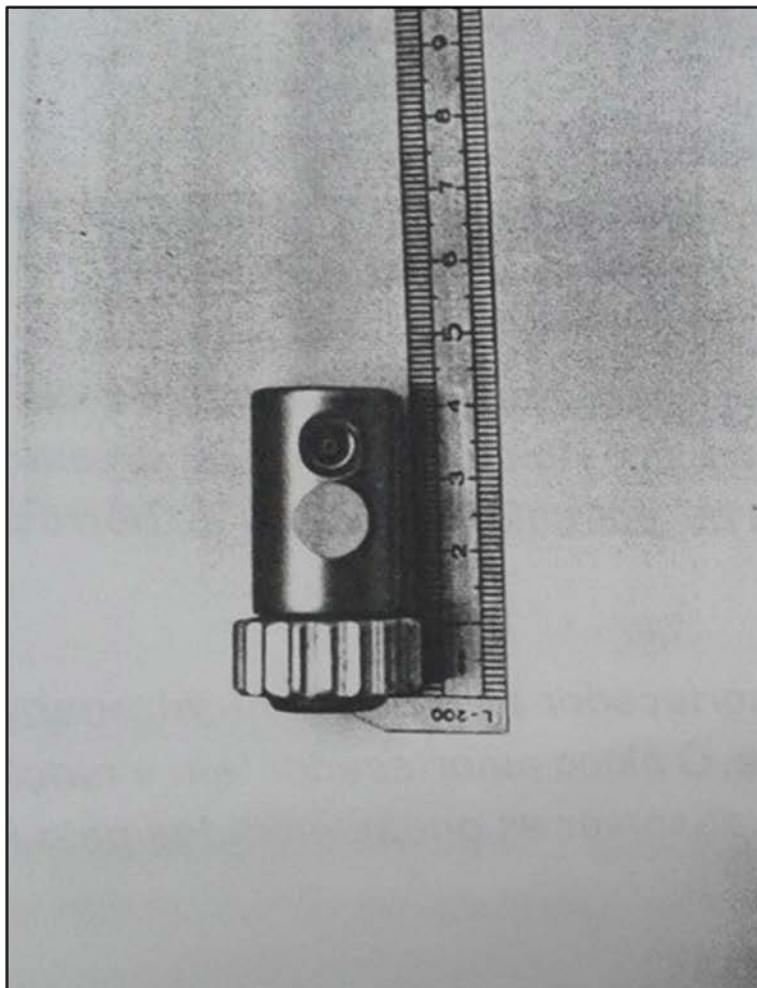


Fig.23a: Diapositivo de um transdutor MB-4SN, da Krautkramer



Fig.23b: Diapositivo de uma radiografia de um transdutor MB-4SN.

NOMENCLATURA

M B 4 S N

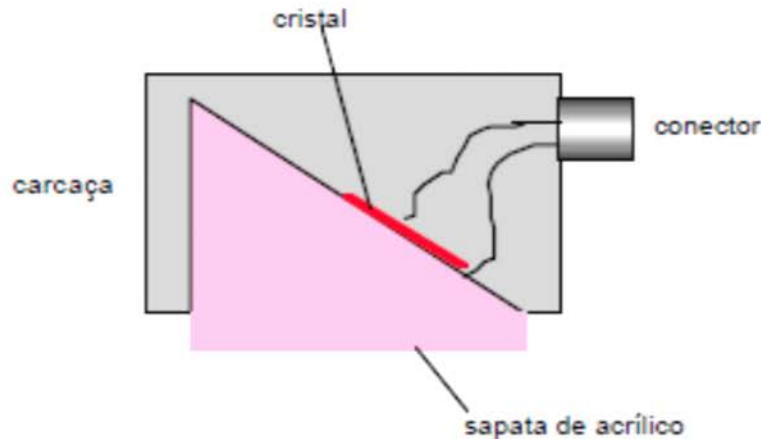
NORMAL

UM CRISTAL

4MHz

TITANATO DE BÁRIO

MINIATURA: Φ 12mm



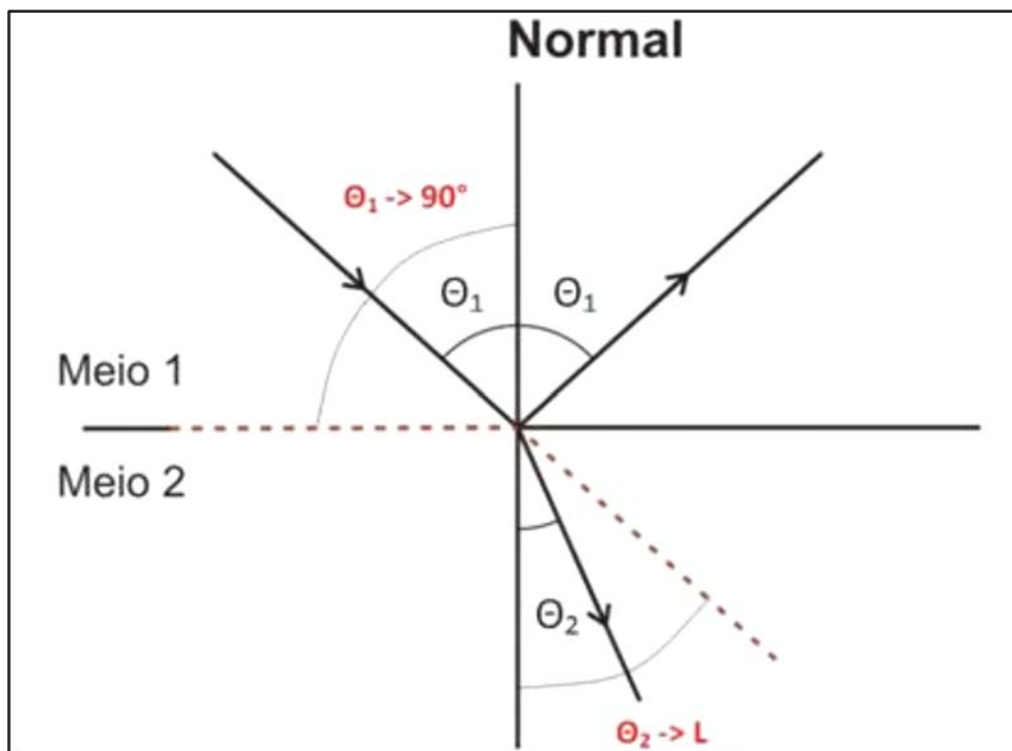
Transdutor angular

O transdutor angular é muito utilizado na inspeção de soldas e quando a descontinuidade está orientada perpendicularmente à superfície da peça.

O ângulo nominal, sob o qual o feixe ultra-sônico penetra no material vale somente para inspeção de peças em aço; se o material for outro, deve-se calcular o ângulo real de penetração utilizando a Lei de Snell. A mudança do ângulo deve-se à mudança de velocidade no meio.

CABEÇOTE ANGULAR: O CRISTAL EMITE ONDAS LONGITUDINAIS MAS O QUE PENETRA NO MATERIAL SÃO ONDAS TRANSVERSAIS

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



$$\frac{\text{Sen } \theta_1}{\text{Sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

SNELL

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

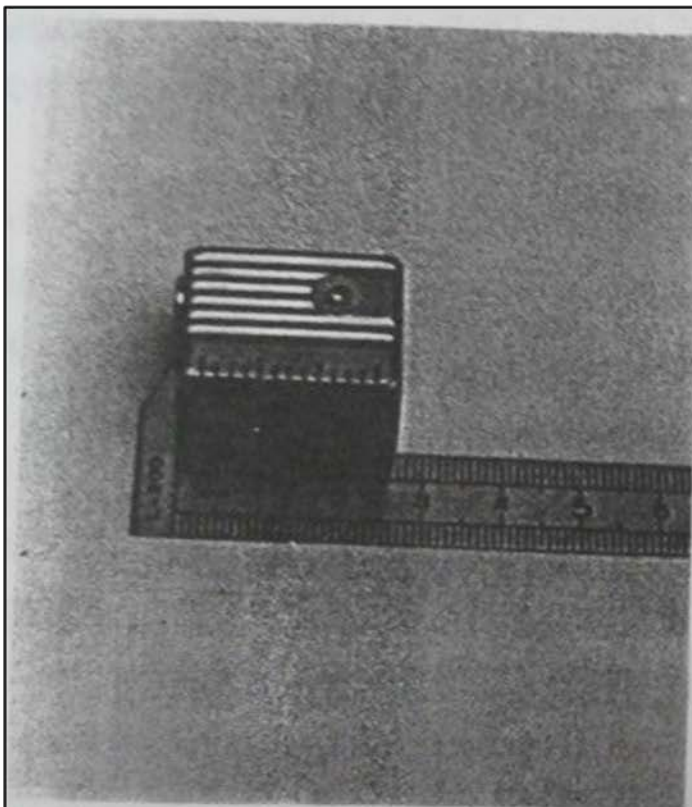


Fig. 24a - Diapositivo de um transdutor MWB-45N4 da Krautkramer

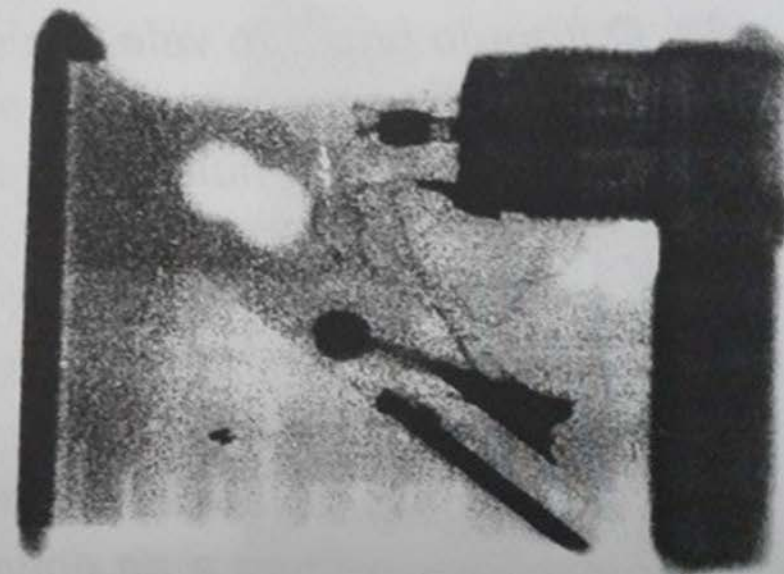


Fig. 24b - Diapositivo de uma radiografia de um transdutor MWB-45N4

NOMENCLATURA

M W B 45 N 4

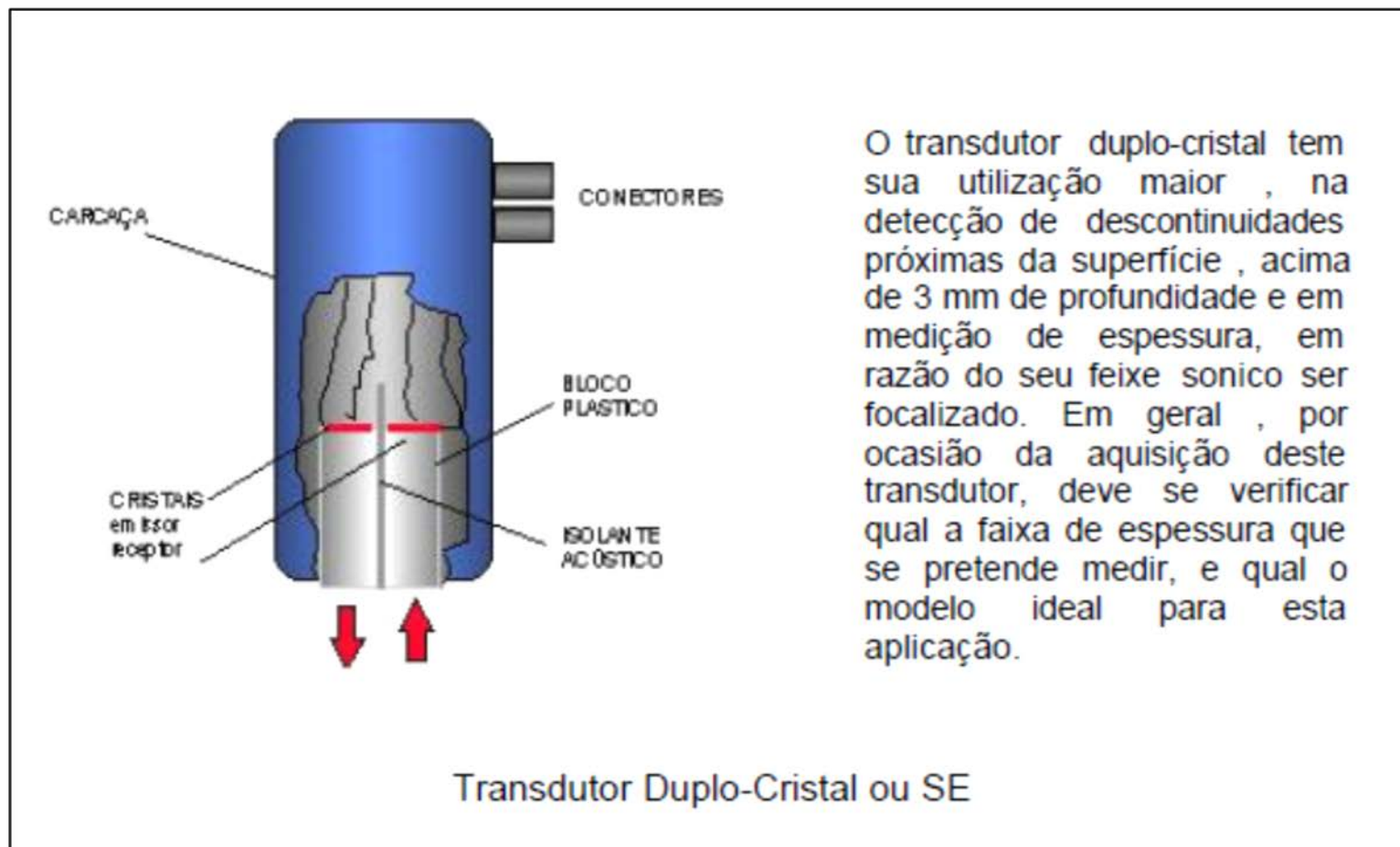
4MHz

45°

ANGULAR

TITANATO DE BÁRIO

MINIATURA: Φ 12mm



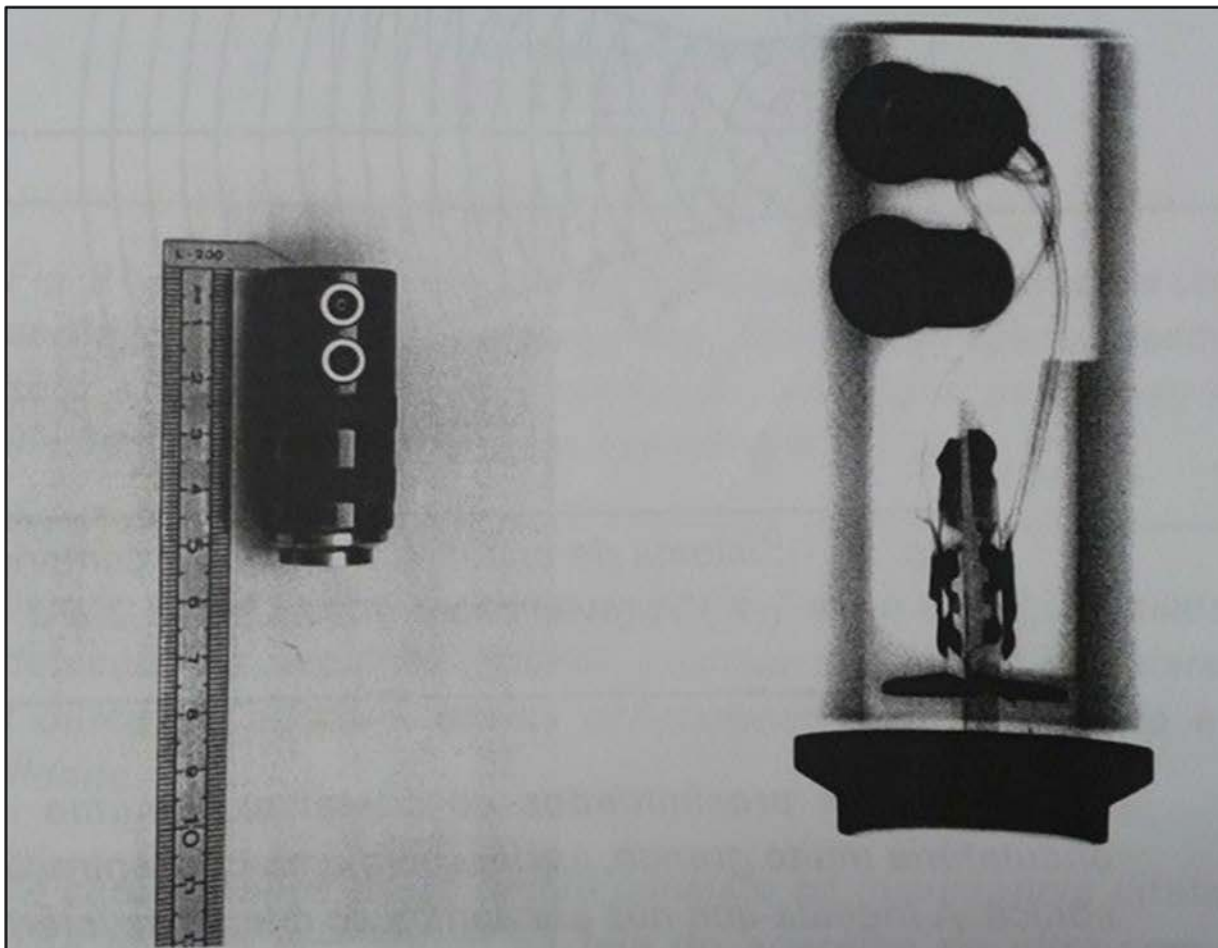


Fig.25a: Diapositivo de um transdutor MSEB-4HB da Krautkramer, 4 MHz e diâmetro 12 mm

Fig. 25b: Diapositivo de uma radiografia de um transdutor MSEB-4HB. Note o detalhe dos cristais.

PROF.DR. Cassius Otávio Figueiredo Terra Ruchert

NOMENCLATURA

M S E B 4 H B

DUPLO
CRISTAL

MINIATURA: Φ 12mm

TITANATO DE BÁRIO

4MHz

TITANATO DE BÁRIO

IMPEDÂNCIA ACÚSTICA

A impedância acústica "Z" é definida como sendo o produto da densidade do meio (ρ) pela velocidade de propagação neste meio (V), ($Z = \rho \times V$) e representa a quantidade de energia acústica que se reflete e transmite para o meio. Como exemplo podemos citar que a interface água e aço , apenas transmite 12% e reflete 88% da energia ultra-sônica.



ACOPLANTES

JUSTIFICATIVA TEÓRICA: TRANSMITÂNCIA SÔNICA (T)

$$T = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$Z_1 = \text{TRANSDUTOR} \neq 0$$

$$Z_2 = \text{AR} \sim 0$$

$$T = 0$$

SEM ACOPLANTE, A TRANSMITÂNCIA SÔNICA, PELO AR É ZERO

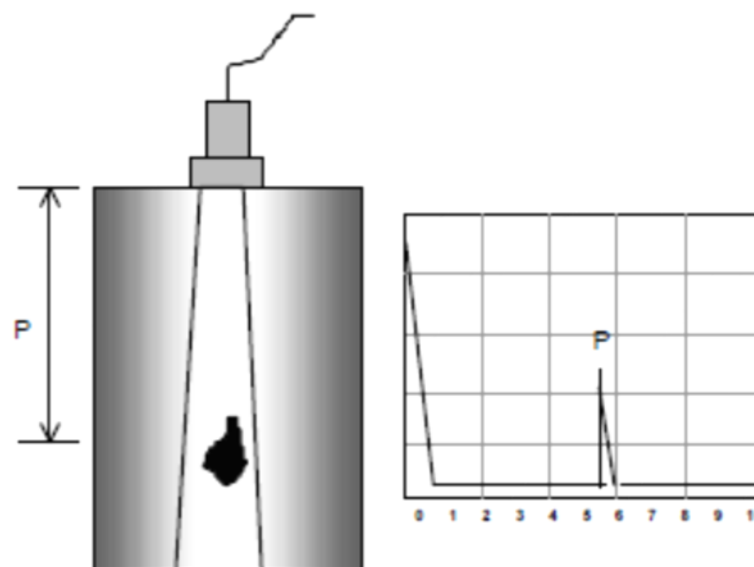
Impedância Acústica de Alguns Materiais e Acoplantes

Acoplante	Densidade (g/cm^3)	Velocidade da onda long. (m/s)	Impedância Acústica ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$)
Óleo (SAE 30)	0,9	1700	$1,5 \times 10^5$
Água	1,0	1480	$1,48 \times 10^5$
Glicerina	1,26	1920	$2,4 \times 10^5$
Carbox Metil Celulose (15g/l)	1,20	2300	$2,76 \times 10^5$
Aço	7,8	5.900	46×10^5
Ar ou gas	0,0013	330	$0,00043 \times 10^5$
Aço inoxidável	7,8	5.800	$45,4 \times 10^5$
Alumínio	2,7	6.300	$17,1 \times 10^5$
Acrílico	1,18	2.700	$3,1 \times 10^5$

Fonte: SONIC Instruments – catálogo de fórmulas e dados

Técnica de Impulso-Eco ou Pulso-Eco

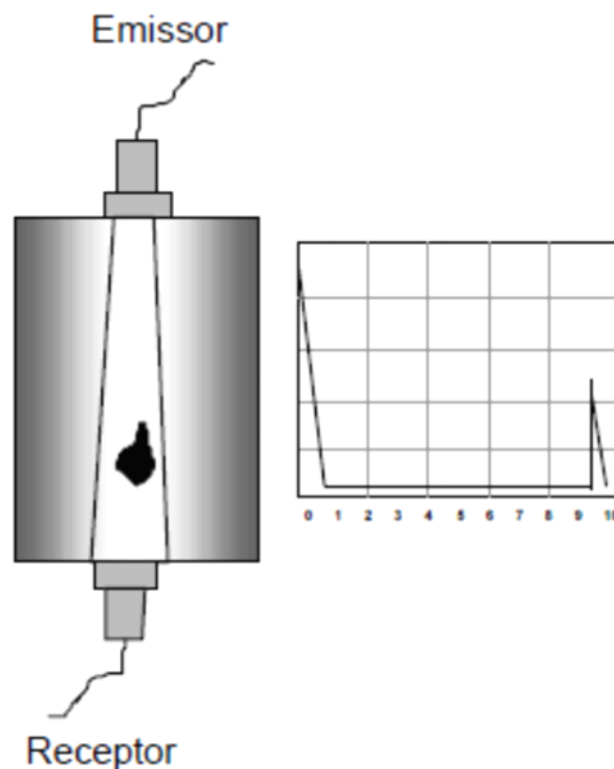
É a técnica onde somente um transdutor é responsável por emitir e receber as ondas ultra-sônicas que se propagam no material. Portanto, o transdutor é acoplado em somente um lado do material, podendo ser verificada a profundidade da descontinuidade, suas dimensões, e localização na peça.



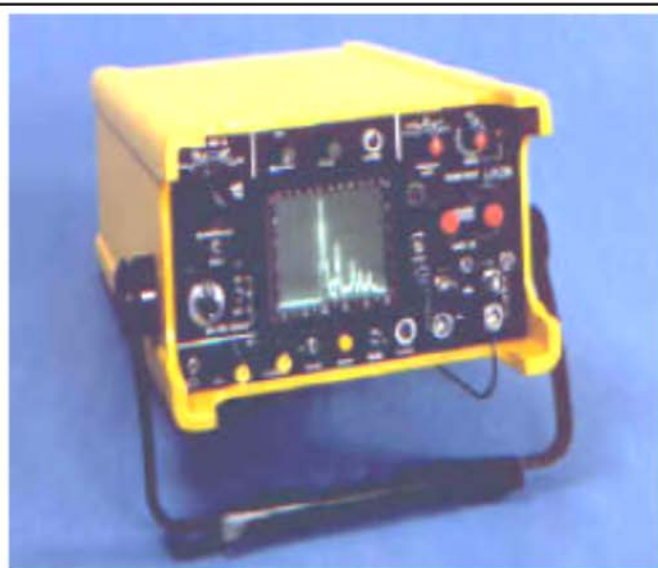
Técnica Impulso-Eco

Técnica de Transparência

É uma técnica onde é utilizado dois transdutores separados, um transmitindo e outro recebendo as ondas ultra-sônicas. Neste caso é necessário acoplar os transdutores nos dois lados da peça, de forma que estes estejam perfeitamente alinhados. Este tipo de inspeção, não se pode determinar a posição da descontinuidade, sua extensão, ou localização na peça, é somente um ensaio do tipo passa-não passa.

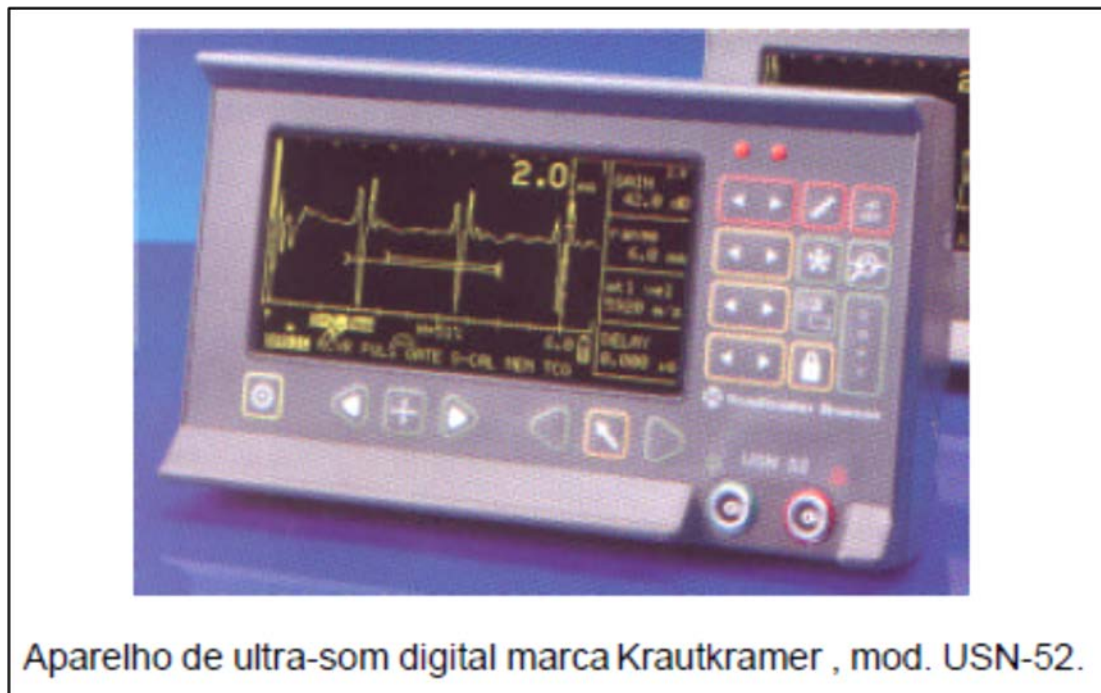


Técnica de Transparência

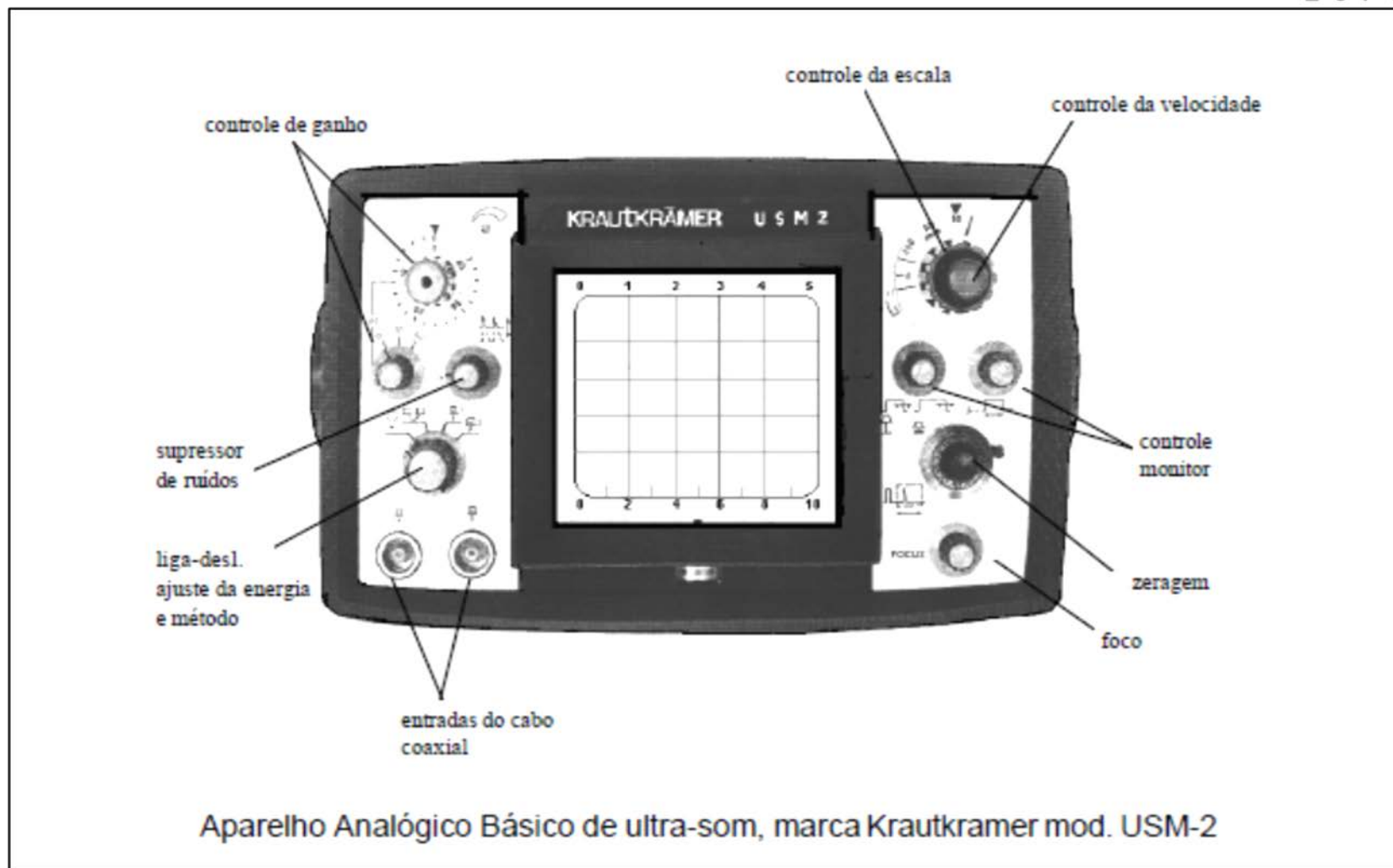


Aparelho de ultra-som marca Panametrics à esquerda e aparelho Krautkramer USM-2 à direita.

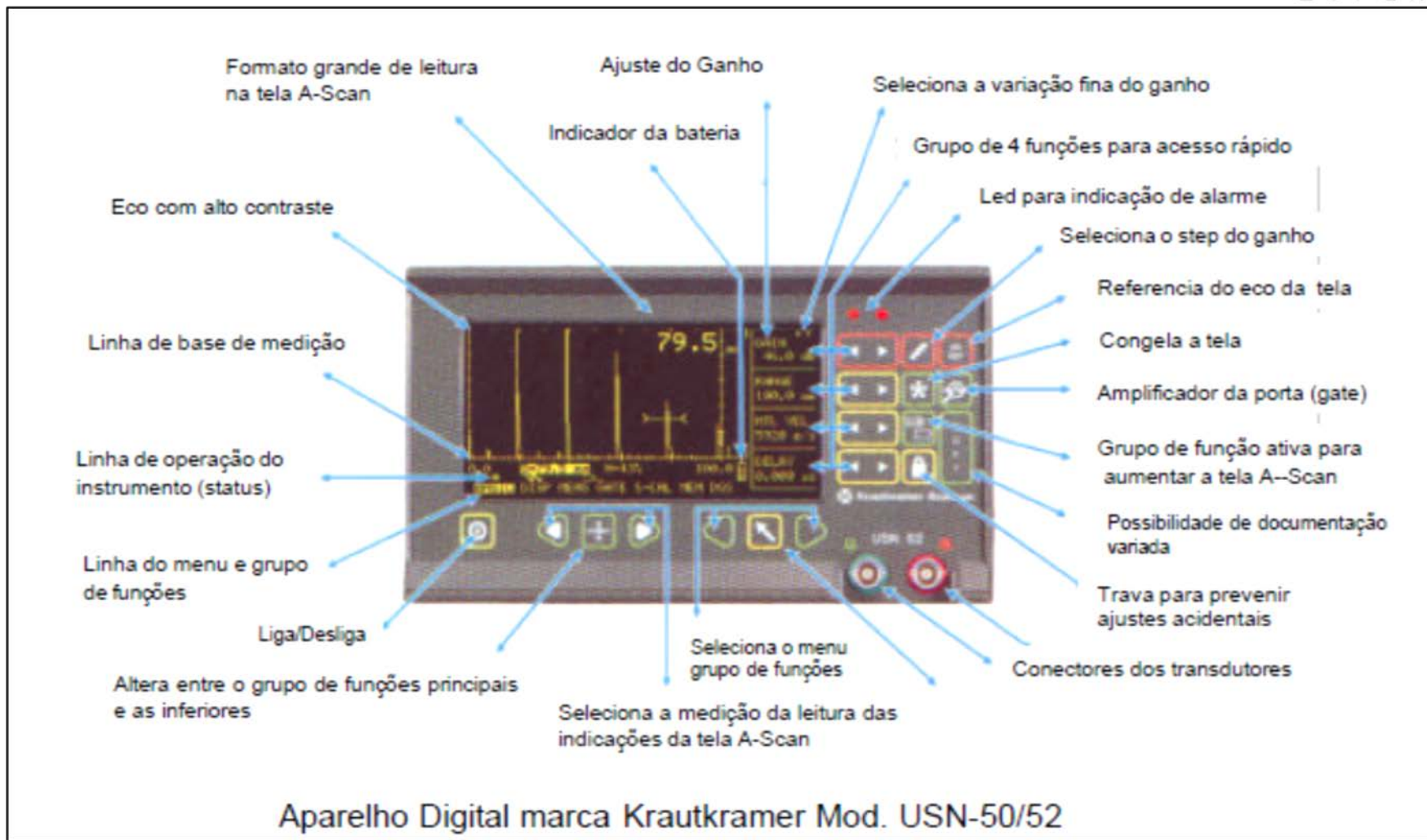
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Cuidados Referentes à Calibração

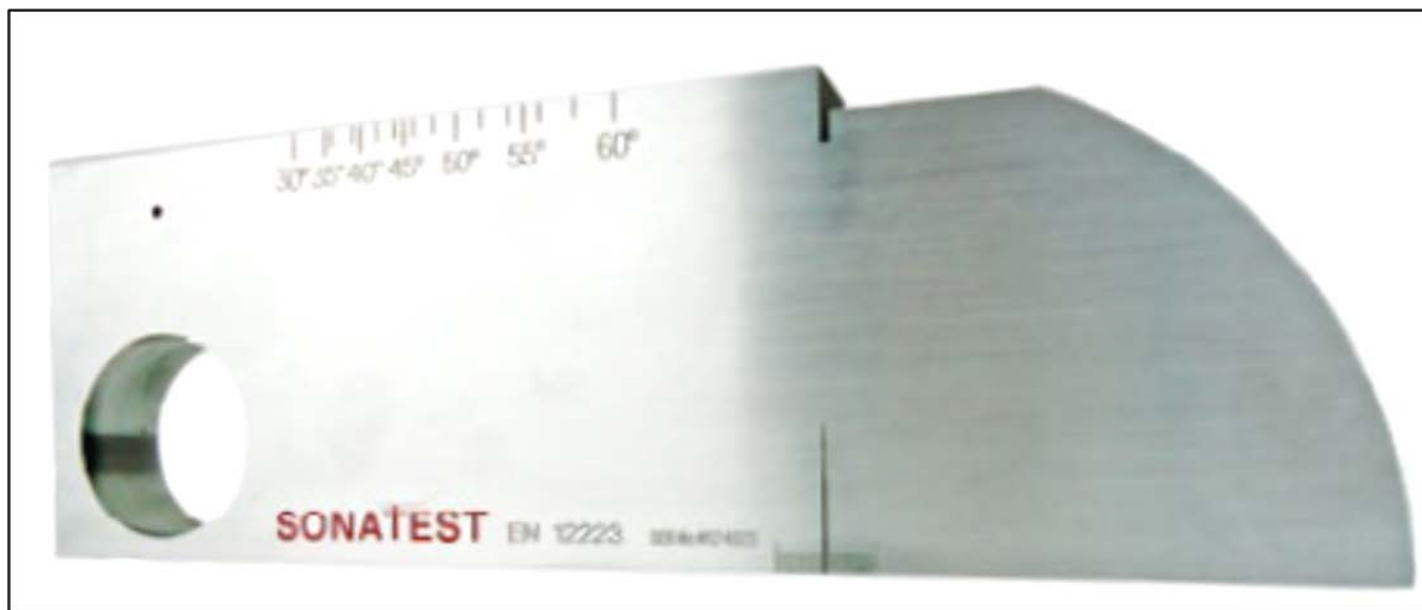
- Houver trocas de transdutores no decorrer de inspeção
- O aparelho for desligado
- Transcorrer 90 minutos com o aparelho ligado
- Houver troca de operadores

Teste de linearidade: as amplitudes dos ecos provenientes do furo de diâmetro 1,5 mm do bloco de calibração V1-transdutor normal

Verificação da linearidade vertical do aparelho de ultra-som Conforme da norma BS-4331 Part.1		
GANHO (dB)	Altura esperada do eco em relação à altura da tela (%)	Limites aceitáveis da Altura do eco
+2	100	não menor que 90%
0	80	-
-6	40	35% a 45%
-18	10	8% a 12%
-24	5	deve ser visível acima da linha de base

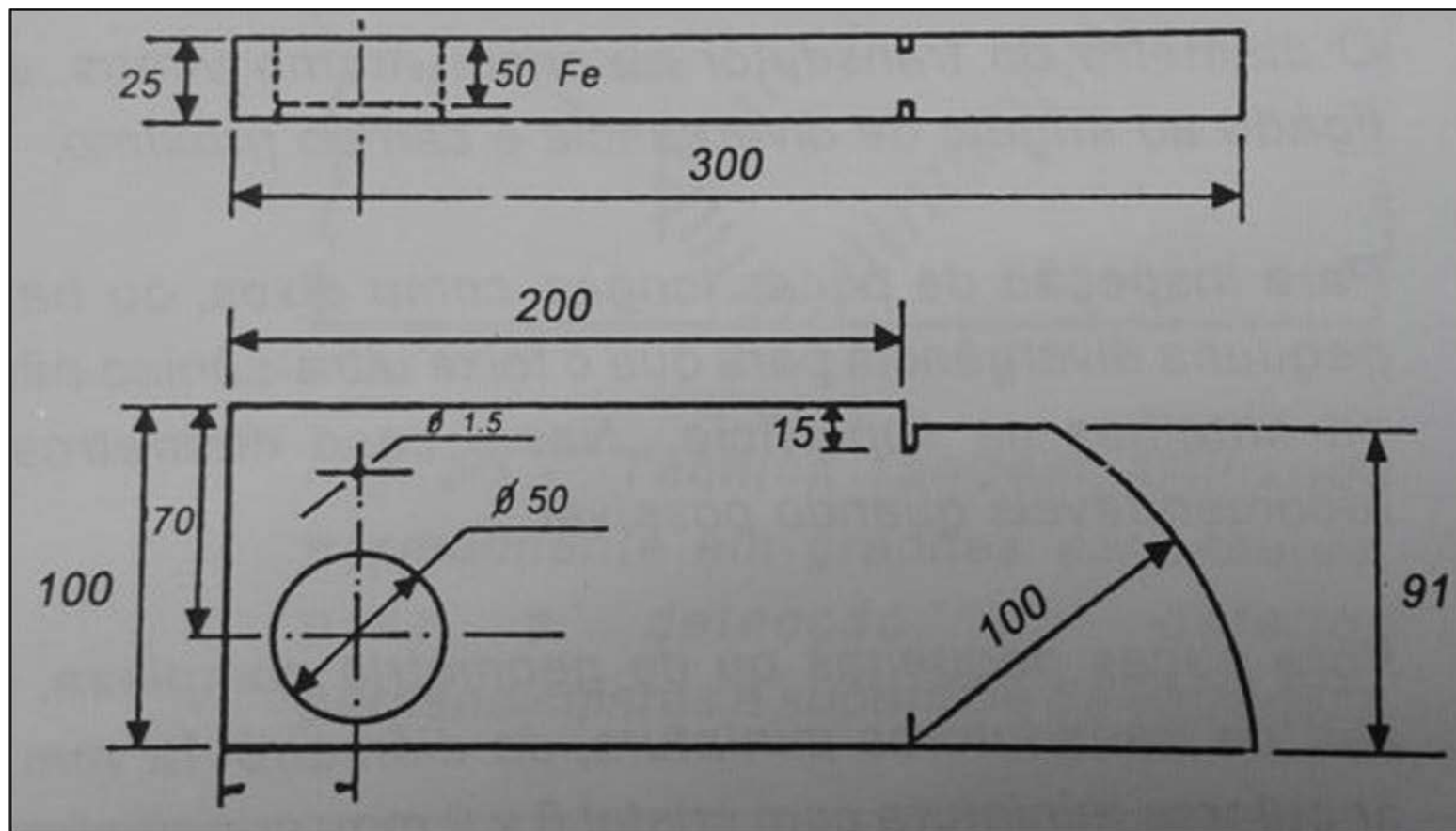
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

V1 e V2 :construídos segundo normas DIN 54120, DIN 54122 ou BS 2704, em aço carbono não ligado ou de baixa liga normalizado, com velocidade sônica de 5920 ± 30 m/s para ondas longitudinais e 3255 ± 15 m/s para ondas transversais.



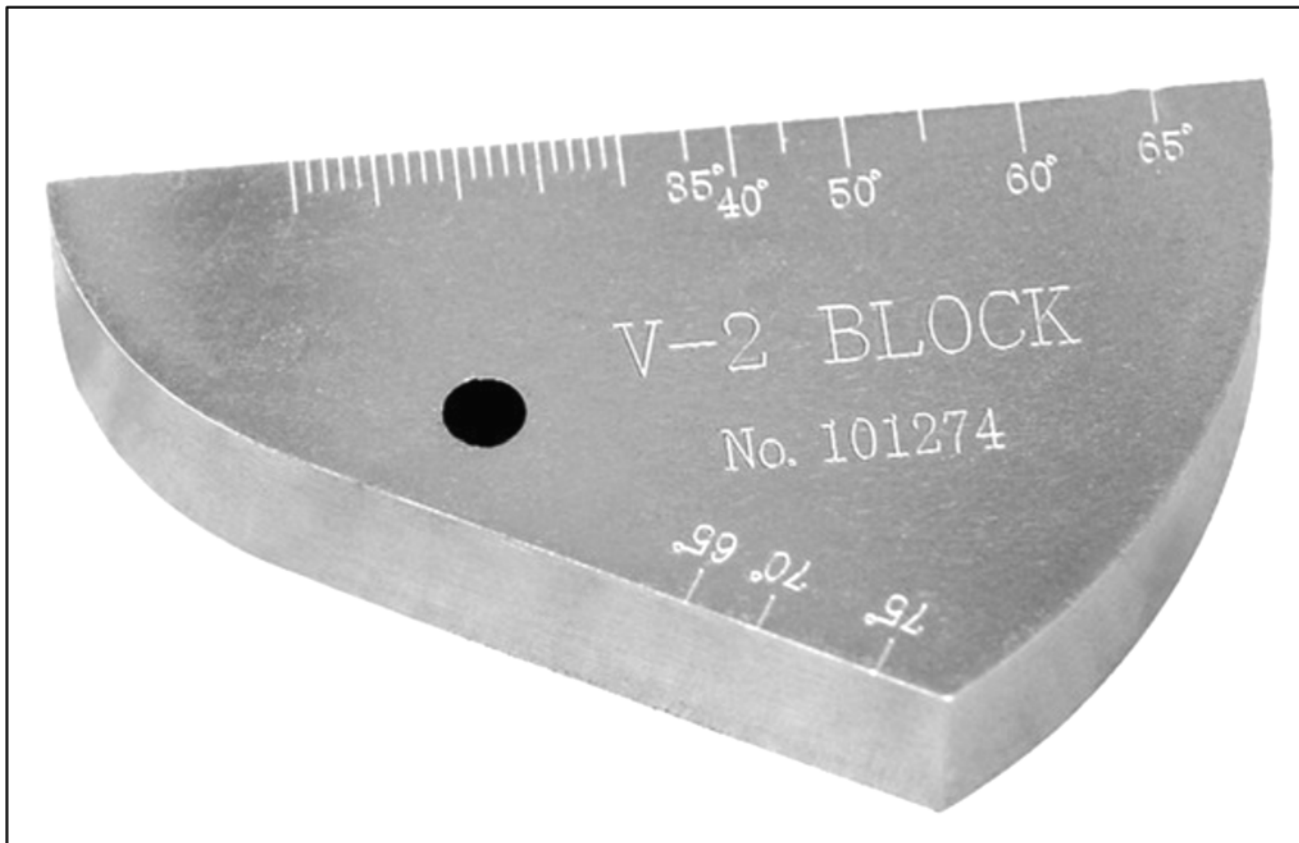
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Bloco de calibração V1



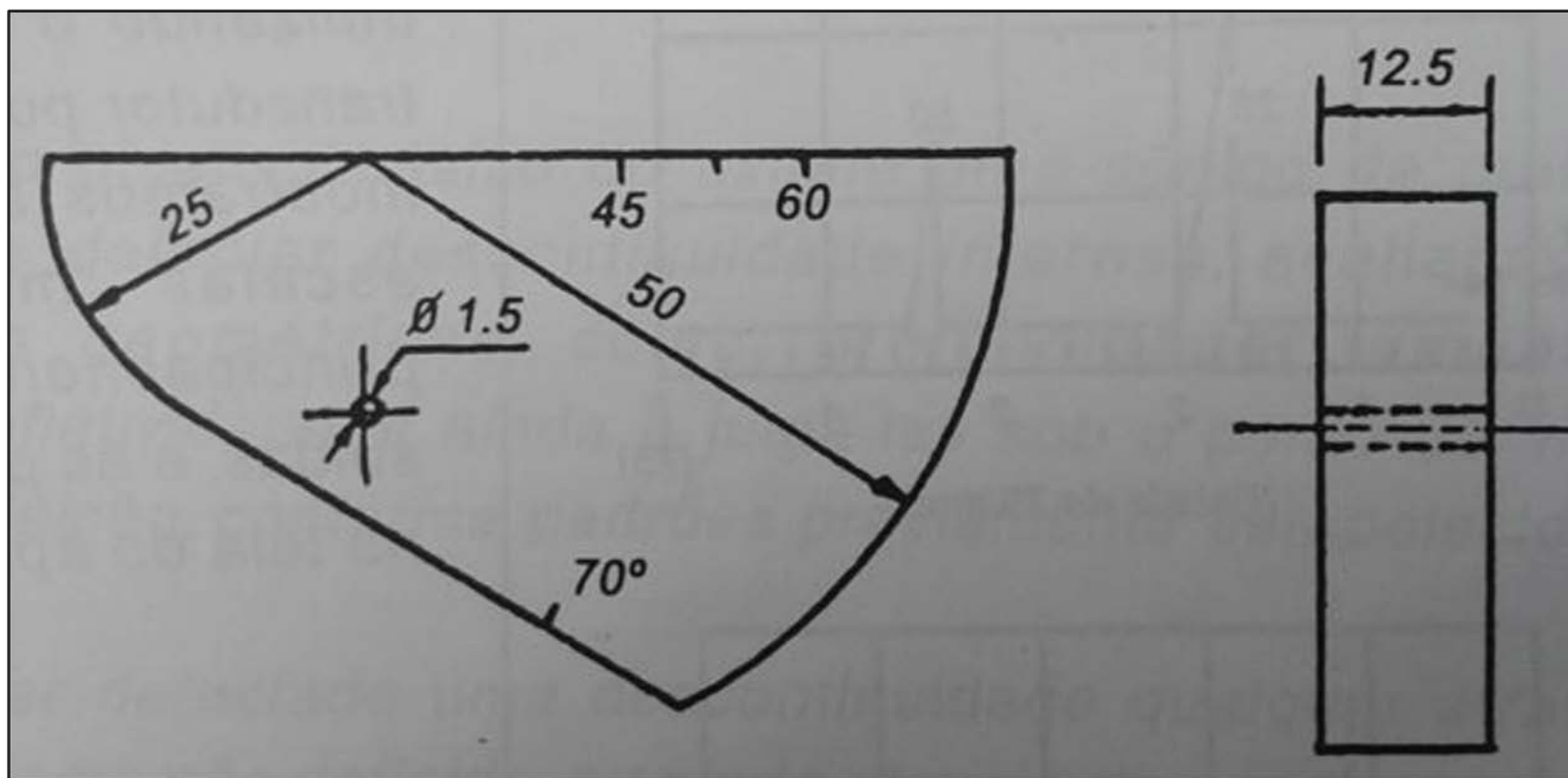
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Bloco de calibração V2



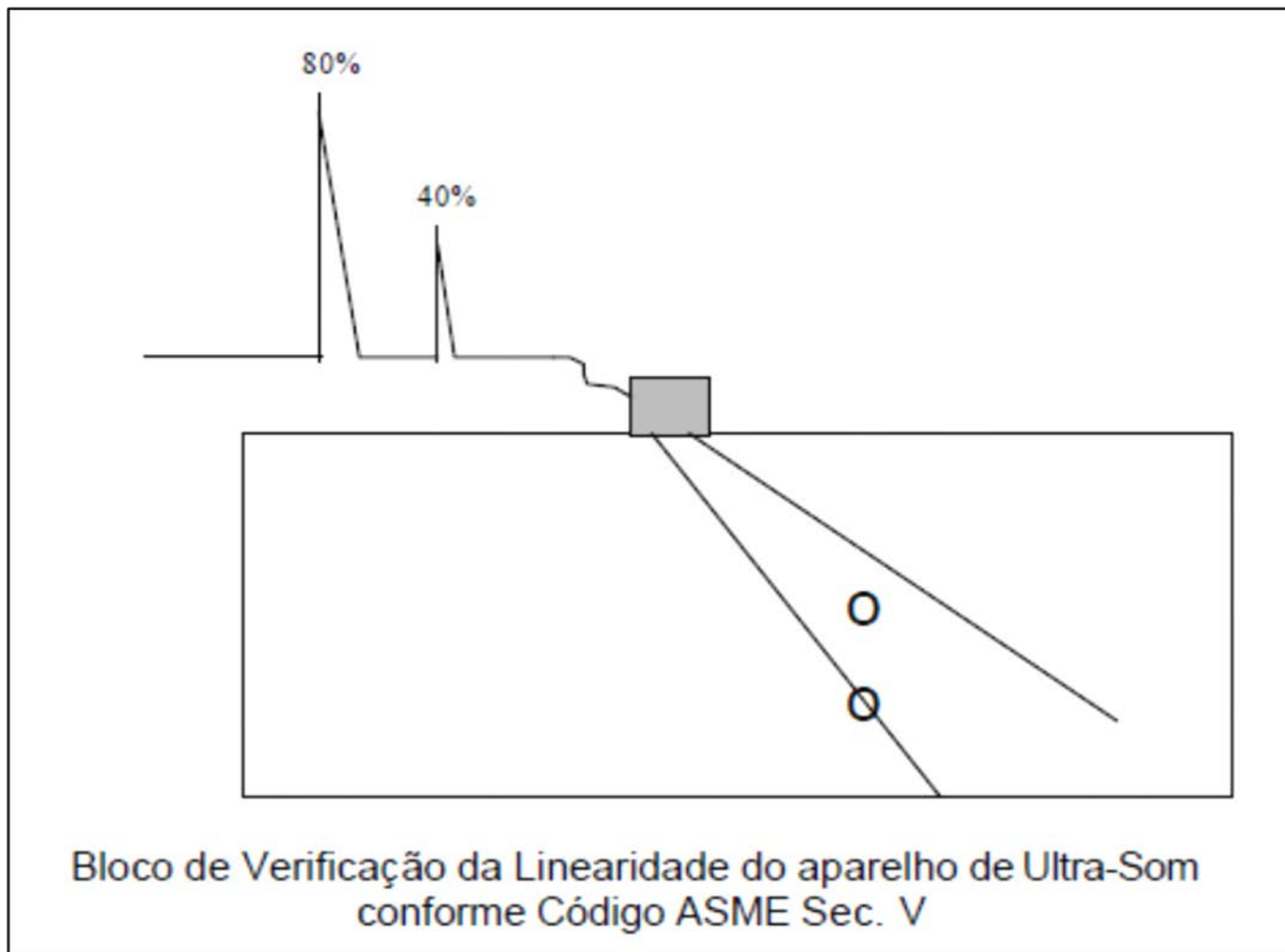
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Bloco de calibração V1



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Outra maneira: com um bloco contendo dois furos



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

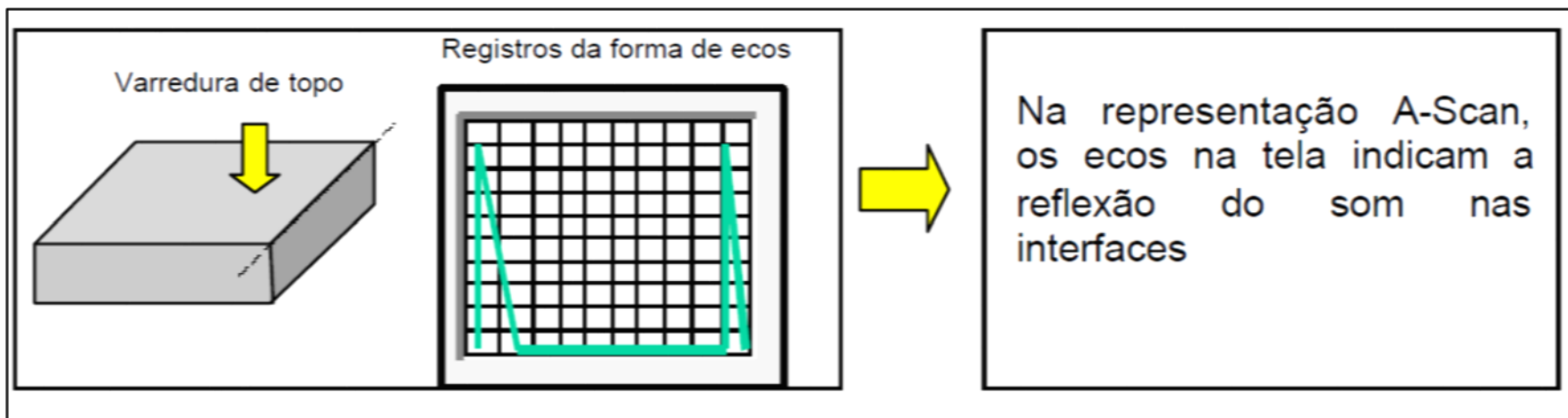
Teste de linearidade: transdutor angular

Verificação da linearidade em amplitude da tela do aparelho de ultra-som
Conforme Código ASME Sec. V Art. 4 e 5

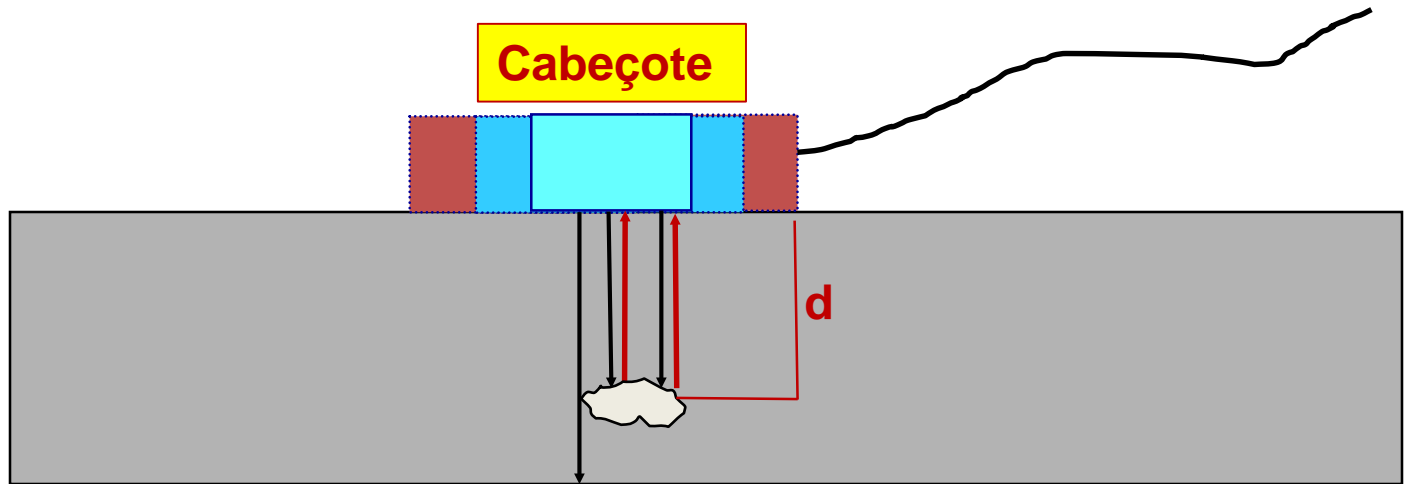
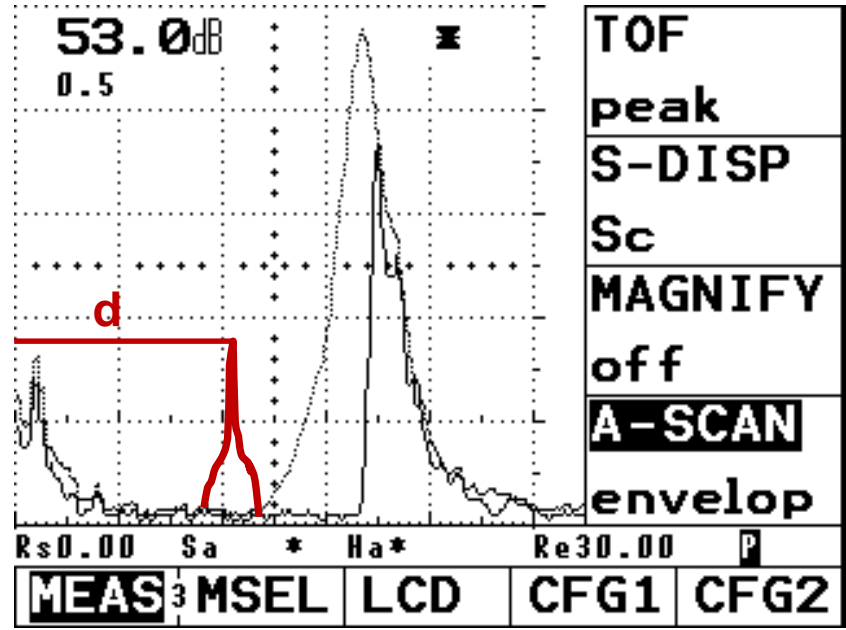
Ajuste da Indicação na Altura Total da Tela (%)	Ajuste do Controle de Ganho (dB)	Limites Aceitáveis da Altura da menor Indicação (%)
80	-6	32 a 48
80	-12	16 a 24
40	+6	64 a 96
20	+12	64 a 96

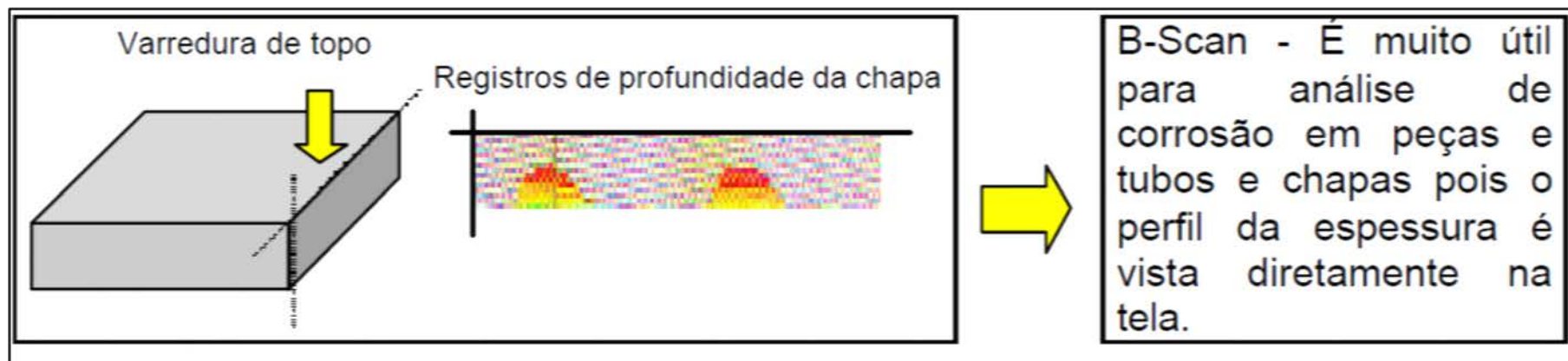
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

FORMAS DE APRESENTAÇÃO NA TELA

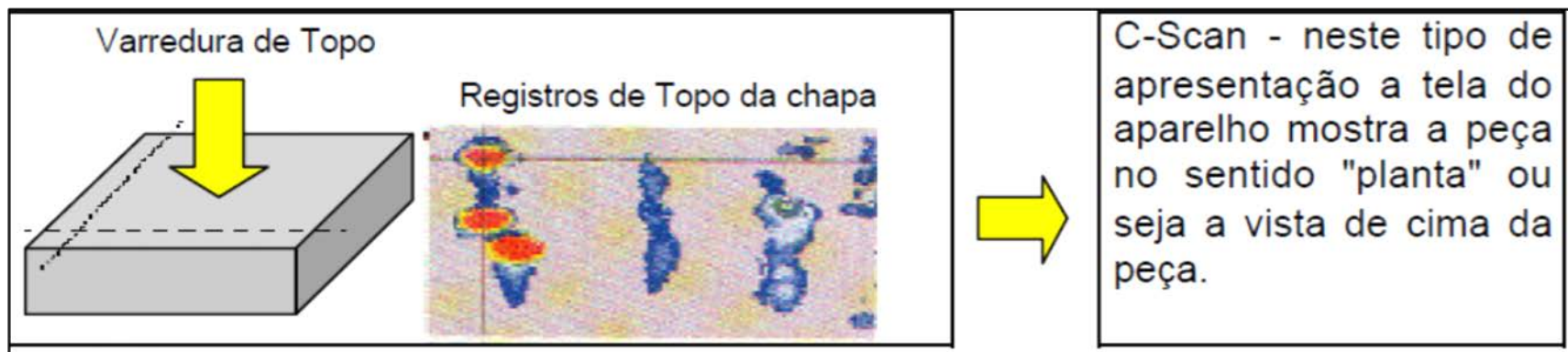


DETECÇÃO DA DESCONTINUIDADE – APRESENTAÇÃO A-SCAN



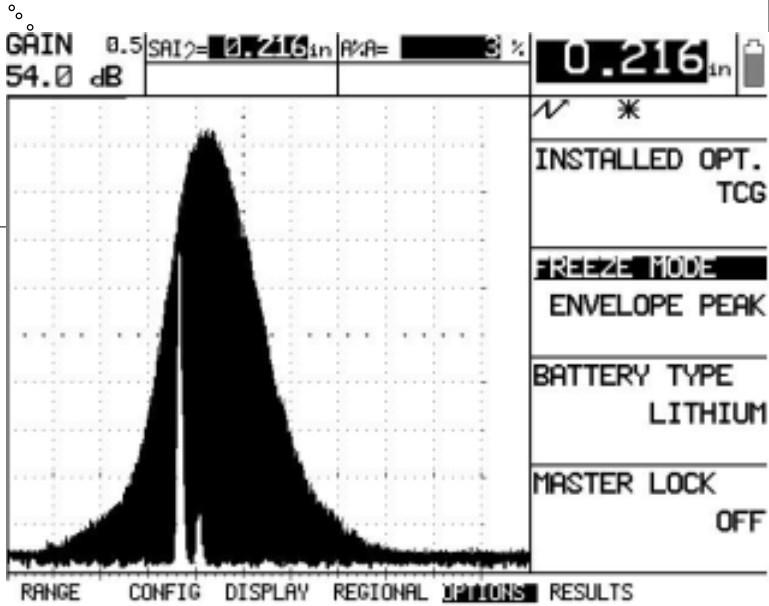
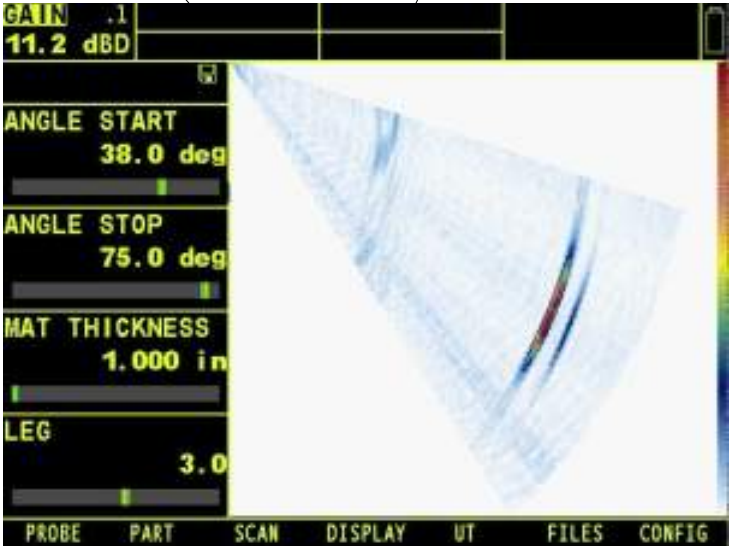
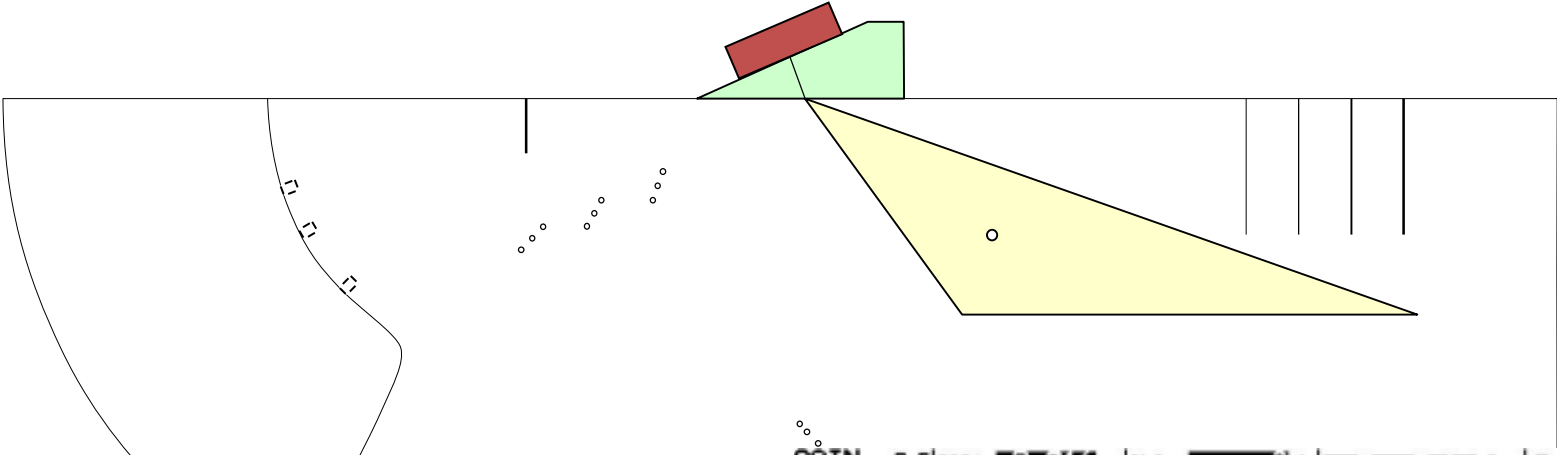


Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

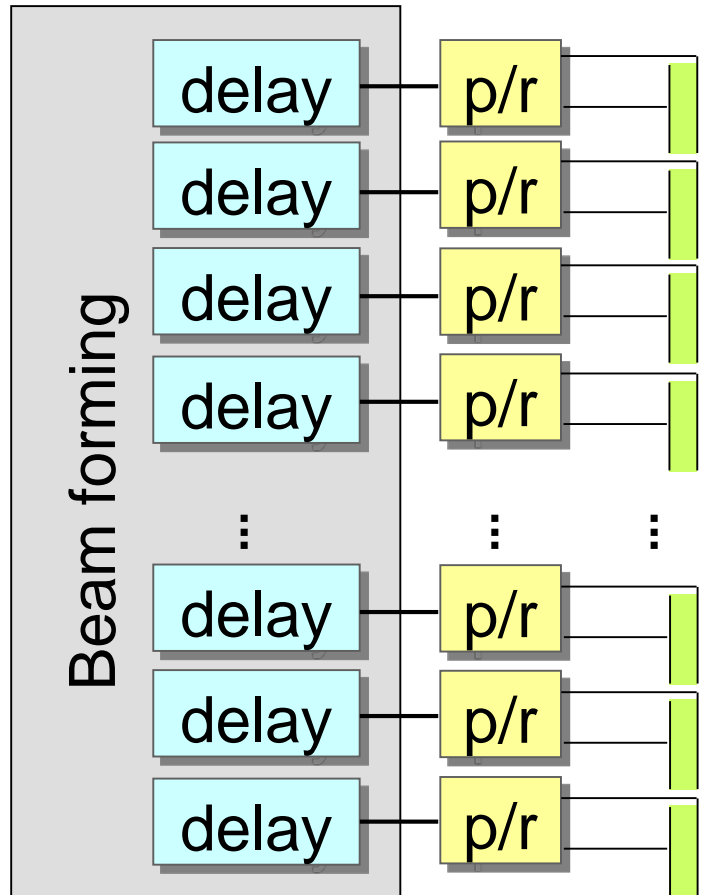


PHASED ARRAY: "IMAGEM SÔNICA"

TRANSDUTOR



PHASED ARRAY: UM CABEÇOTE COM VÁRIOS CRISTAIS TRANSDUTORES EXCITADOS EM DIFERENTES MOMENTOS

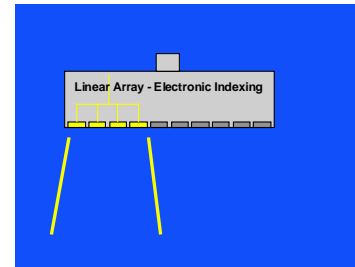


Phased Array

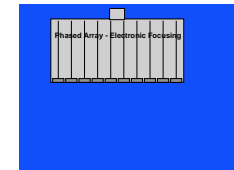
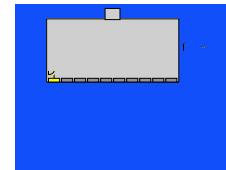
Array Basics

- A Linear Array can provide the coverage of many single probes by electronically indexing from element to element.

Mouse click on box →



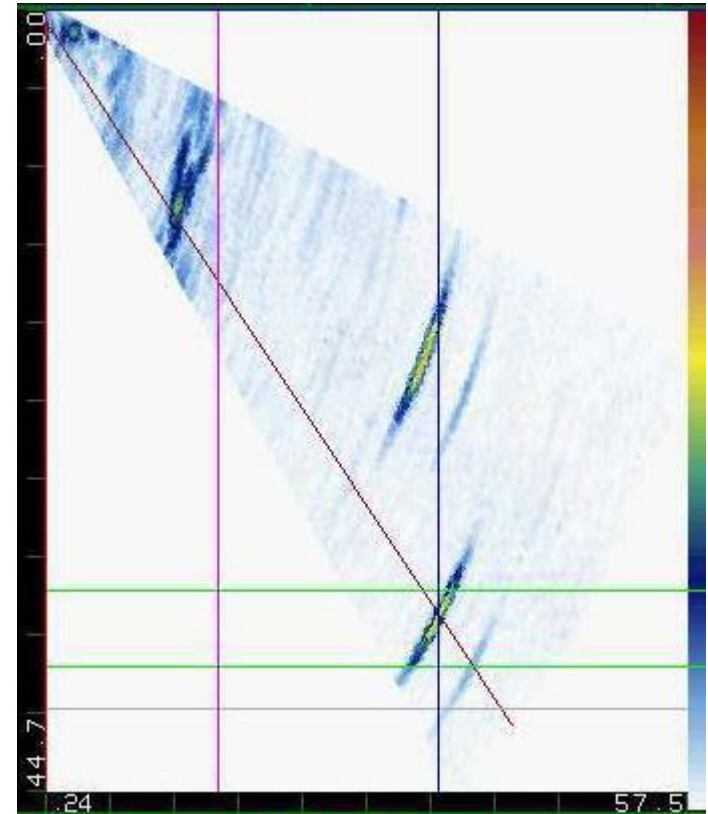
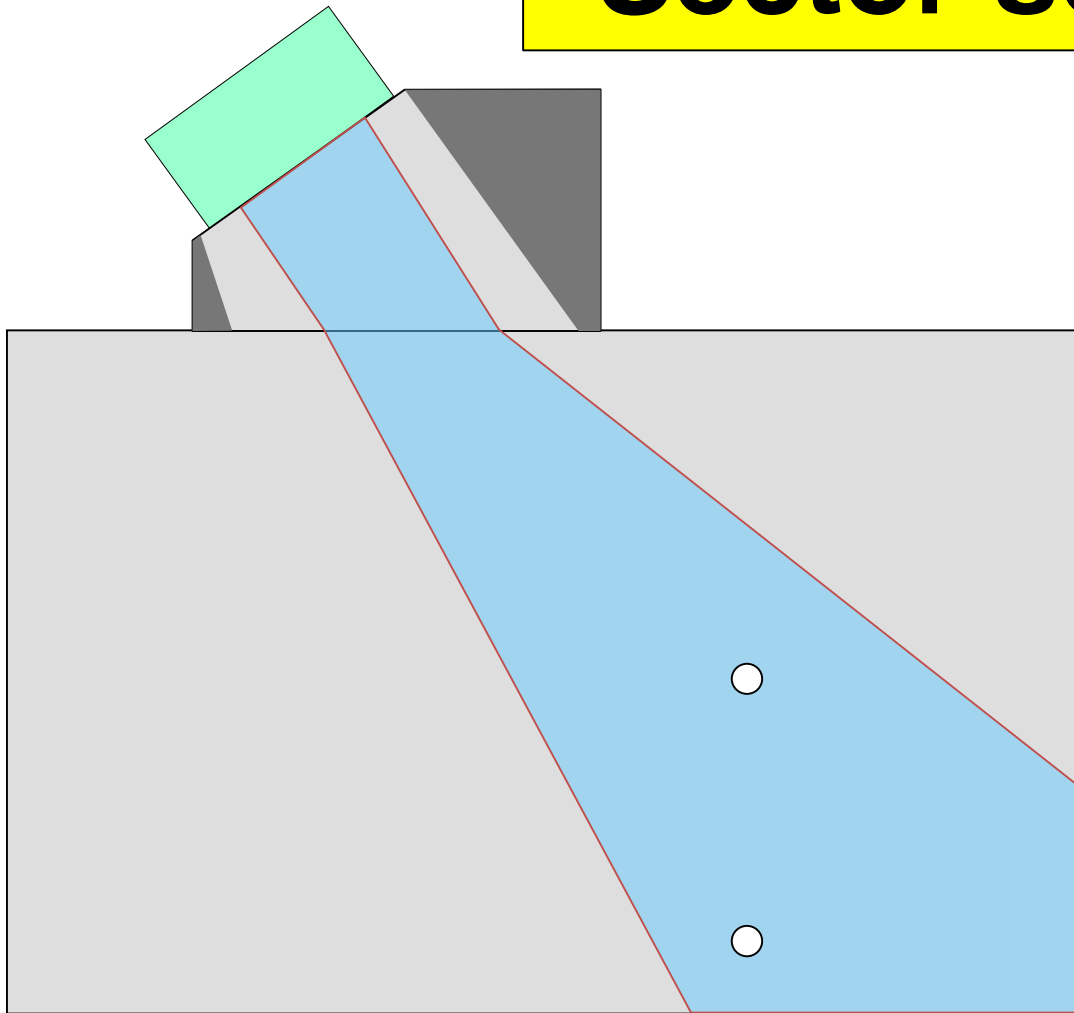
- A Phased Array can provide the coverage of many single probes by electronically indexing AND steering the sound beam.



Linear to 256 elements



Sector scan



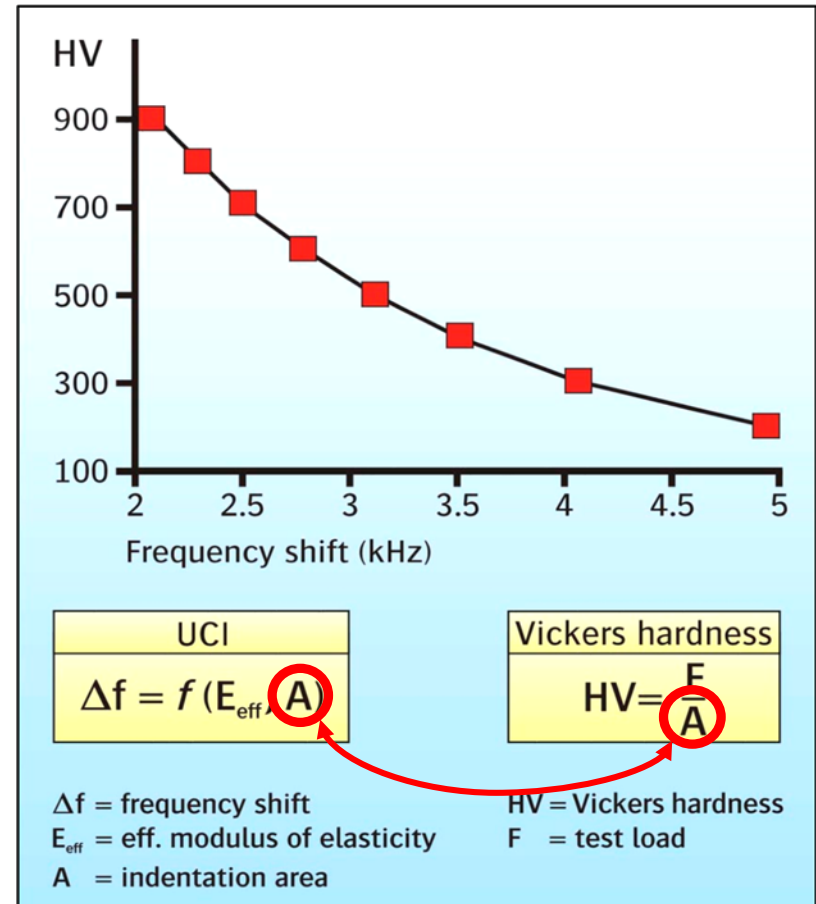
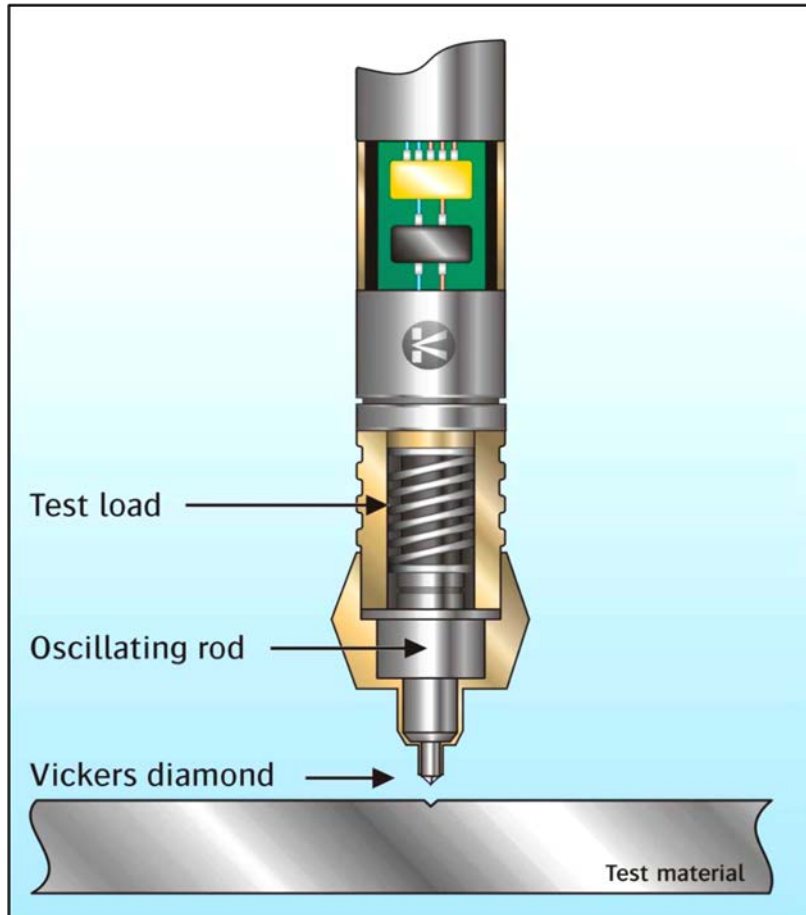
Vantagens em relação a outros ensaios

- alta sensibilidade - descontinuidades internas: Trincas devido a tratamento térmico, fissuras de difícil detecção por radiografia ou gamagrafia;
- interpretação das indicações, dispensa processos intermediários;
- Radiografia ou gamagrafia :processo de revelação do filme;
- Ao contrário dos ensaios por radiações penetrantes, não requer planos especiais de segurança ou quaisquer acessórios para sua aplicação;

Limitações em relação a outros ensaios

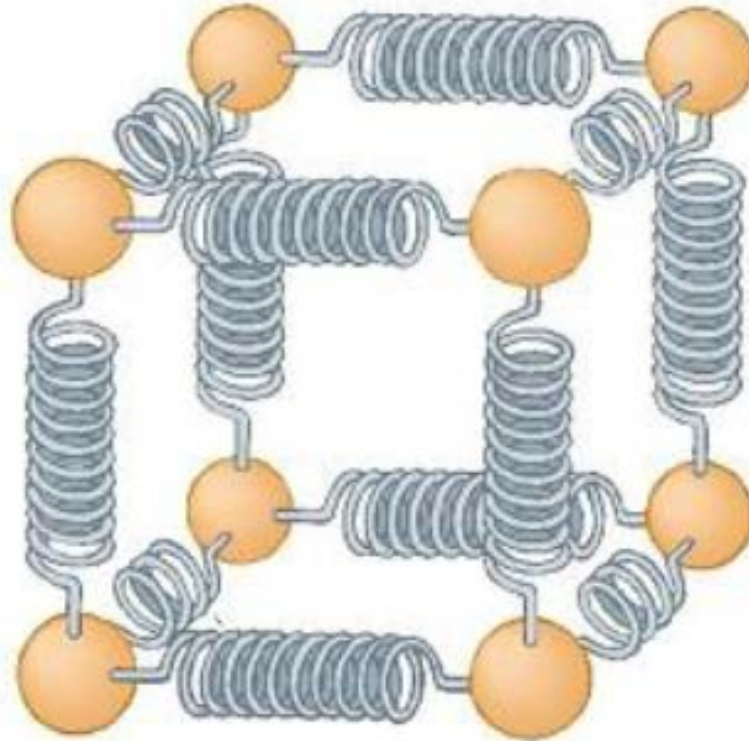
- Requer grande conhecimento teórico e experiência por parte do inspetor.
- O registro permanente do teste não é facilmente obtido.
- Problemas para ensaio em espessuras muito finas;
- Necessidade de preparo da superfície: inspeção de solda - remoção total do reforço da solda.

MEDIDA DE DUREZA POR IMPEDÂNCIA ULTRASSÔNICA DE CONTATO (UCI)



Quanto maior for a penetração , maior será o acréscimo de “molas atômicas “ e conseqüentemente , maior o acréscimo na frequência de oscilação do disco.

ÁTOMOS CONSIDERADOS COMO OSCILADOR HARMÔNICO TRIDIMENSIONAL: ÁTOMOS SÃO A MASSA E AS MOLAS SÃO AS LIGAÇÕES QUÍMICAS.



MODELO DE EINSTEIN E DEBYE

EQUIPAMENTOS

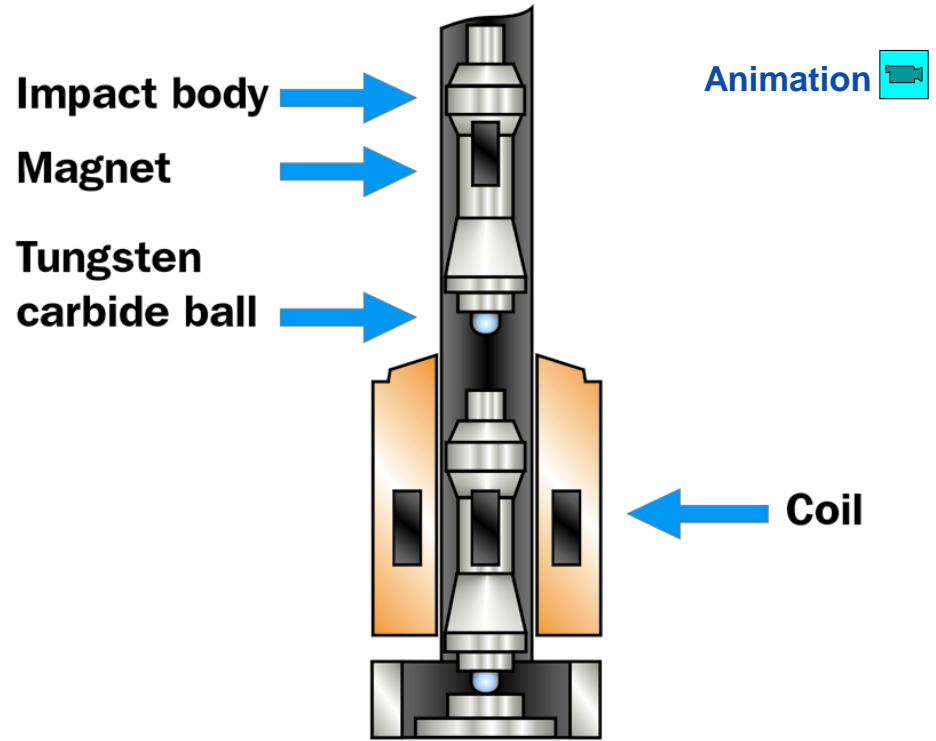
MIC 10



MIC 20



Princípio do rebote: diferença de energia potencial



**Cross-cut of a typical
impact device**

EQUIPAMENTOS

DynaPOCKET



DynaMIC

MIC 20

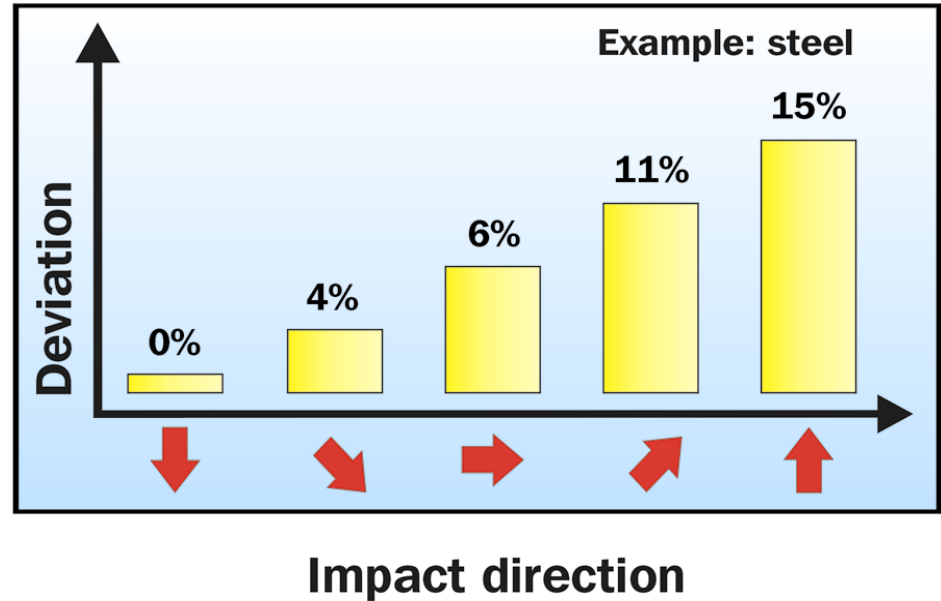


APLICAÇÃO



Influence Of Impact Direction

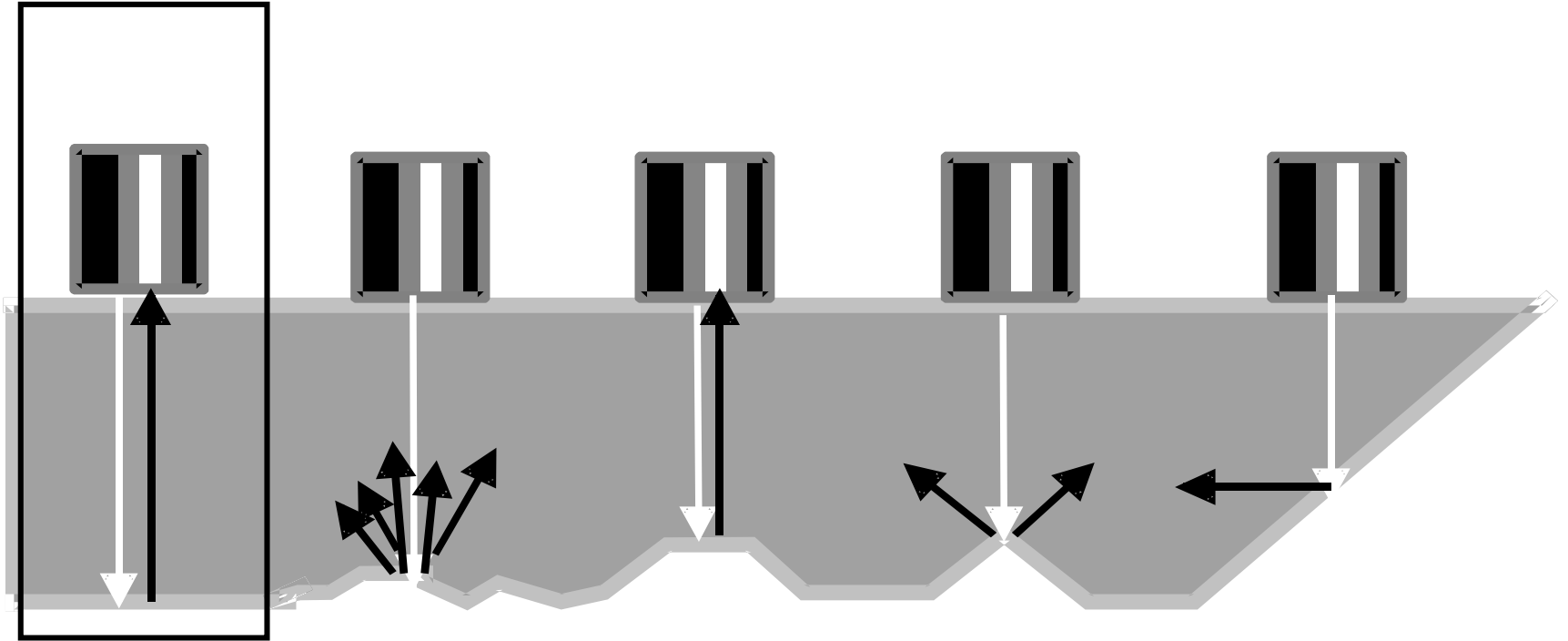
- Measurement is strongly influenced by the impact direction
- ⇒ Correction necessary for conventional rebound instruments



DynaMIC / DynaPOCKET / MIC 20: Patented Auto-Balancing

MEDIDORES DE ESPESSURA POR ULTRASSOM

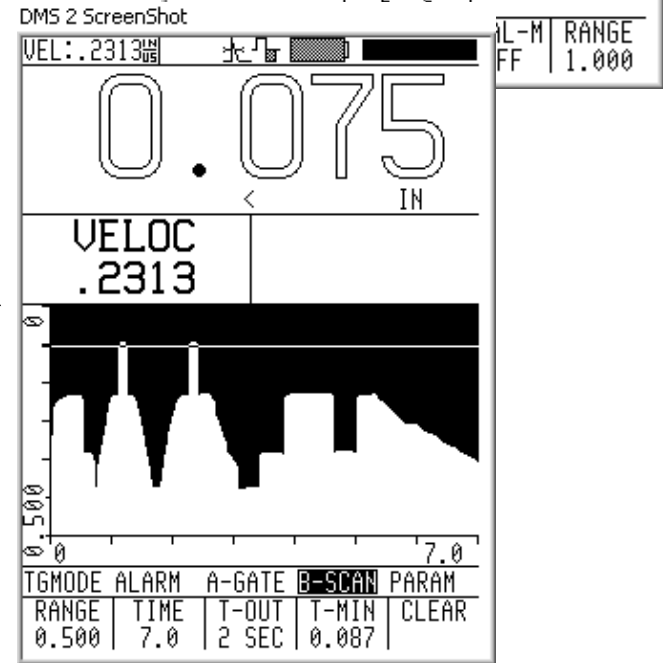
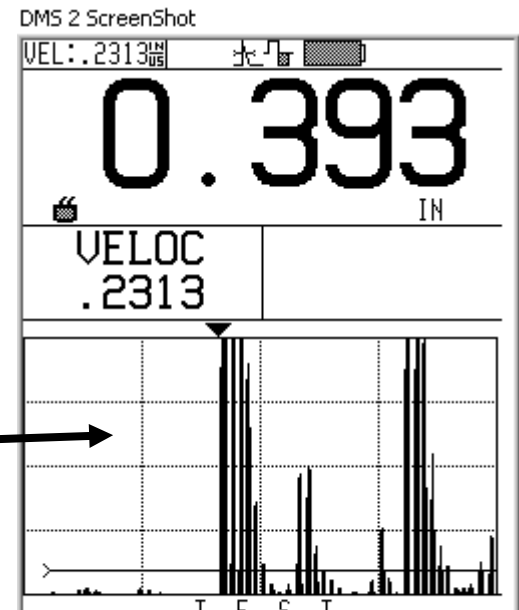




imagination at work

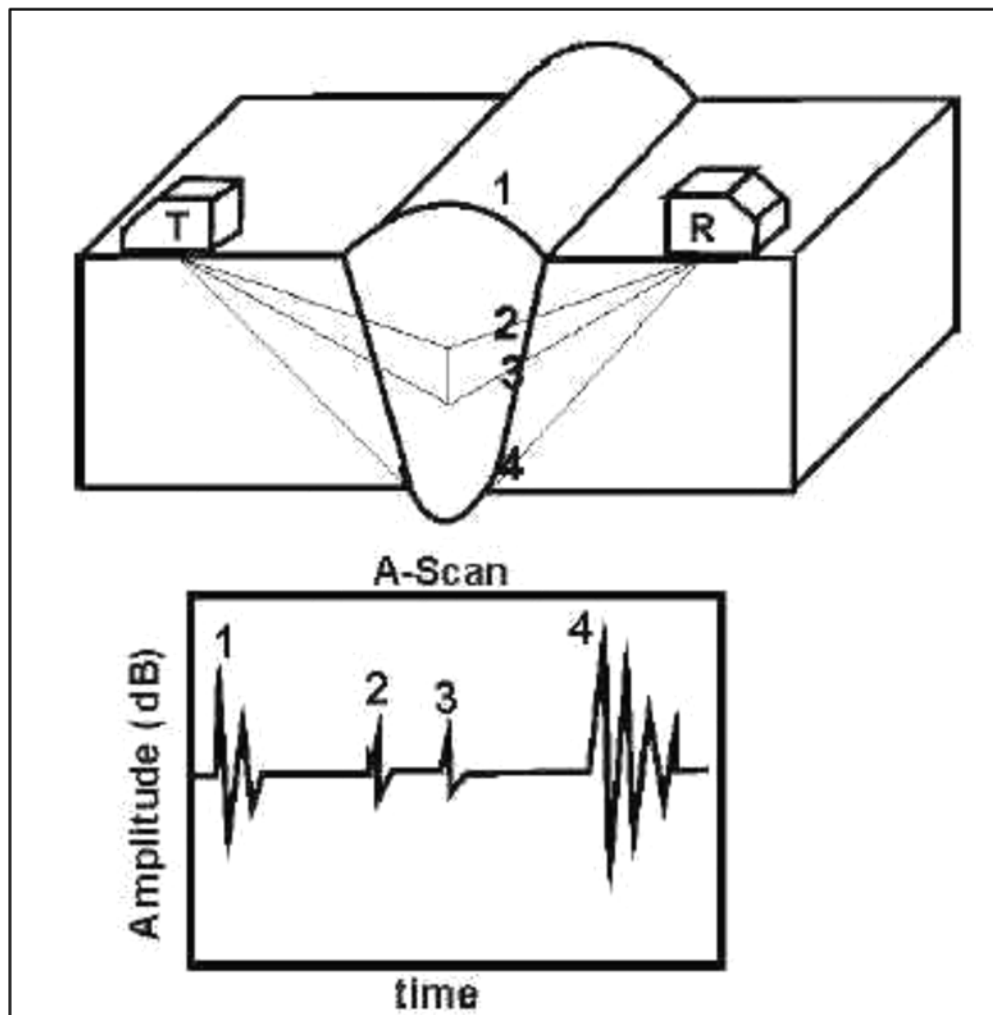
Only For Internal Use

- **A-Scan** – Image display of ultrasound echoes represented as amplitude vs. time.
- **B-Scan** – Cross section image of thickness vs. time

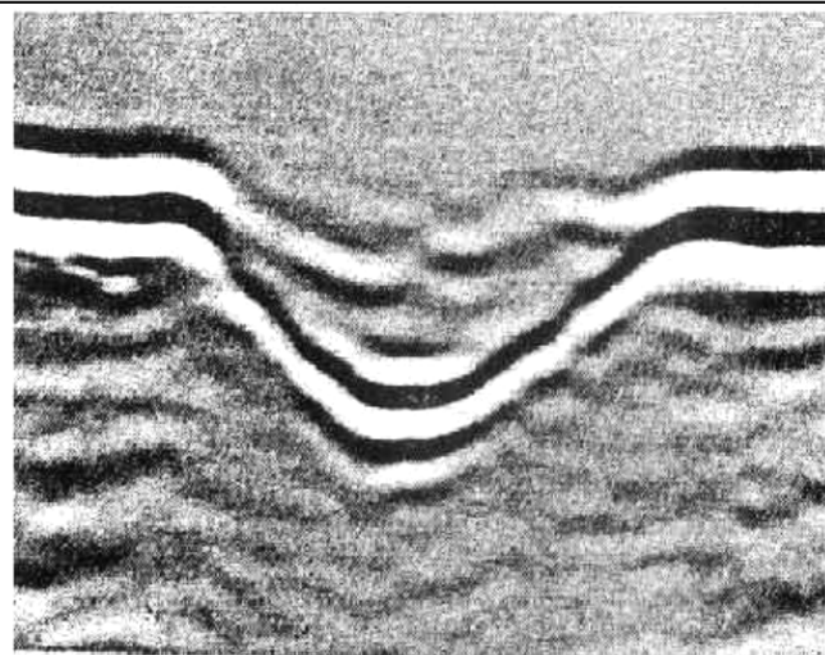
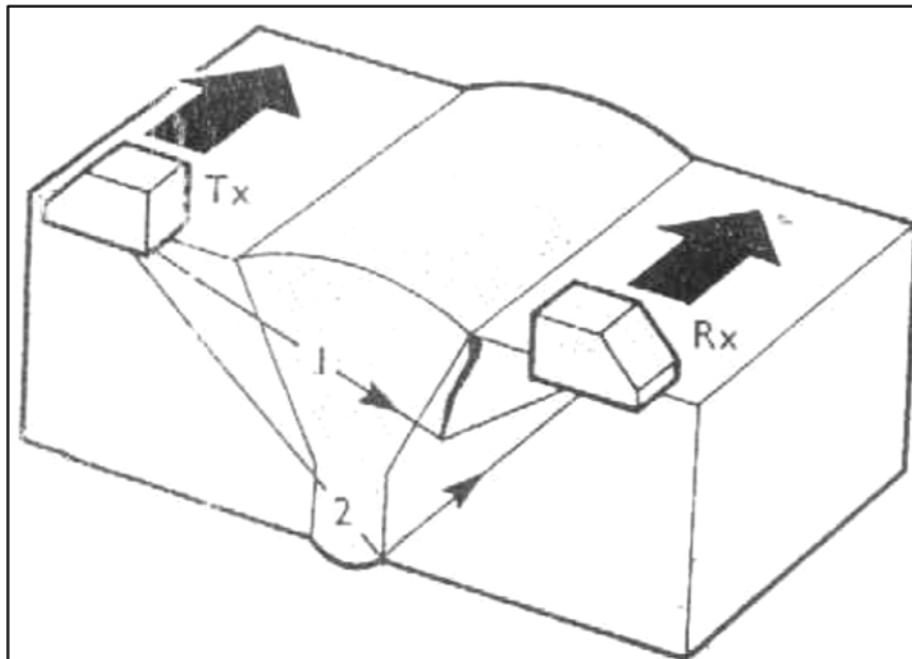


Técnica ToFD

A técnica ToFD (*Time of Flight Diffraction*), consiste na utilização de um **par de cabeçotes em um arranjo emissor-receptor** onde o som ao atingir uma descontinuidade, as suas extremidades atuam como fontes pontuais emitindo um feixe de **ondas difratadas esféricas**. Essas ondas difratadas são recebidas e convertidos em sinais pelo equipamento, gerando uma imagem. Dessa forma, é possível avaliar o tamanho e a profundidade da descontinuidade.



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



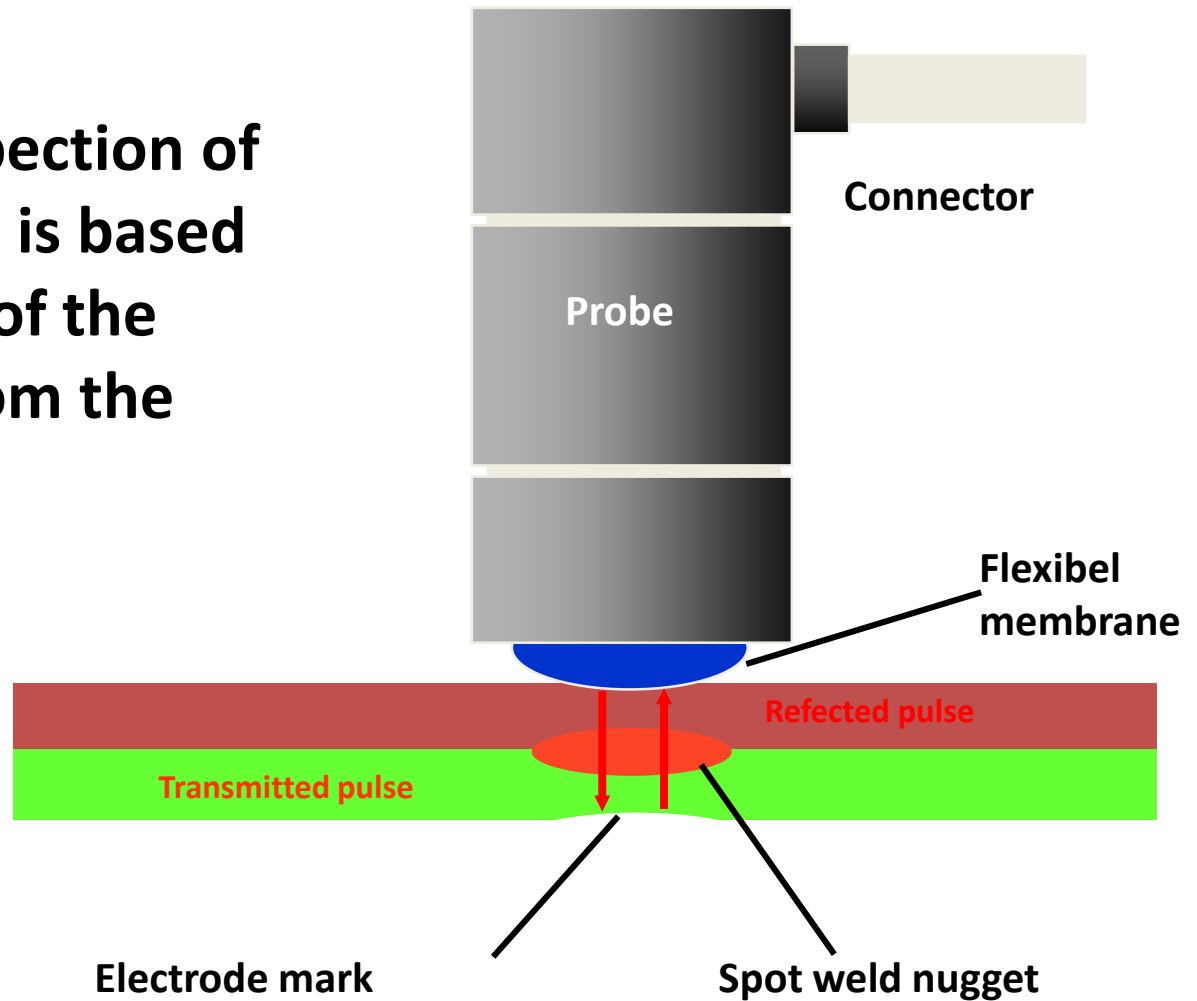
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

SOLDA A PONTO FILME

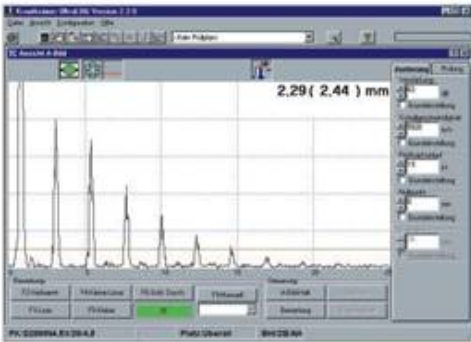
Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

INSPEÇÃO EM SPOT-WELDED JOINT

The ultrasonic inspection of spot-welded joints is based on the evaluation of the echo sequence from the weld nugget.

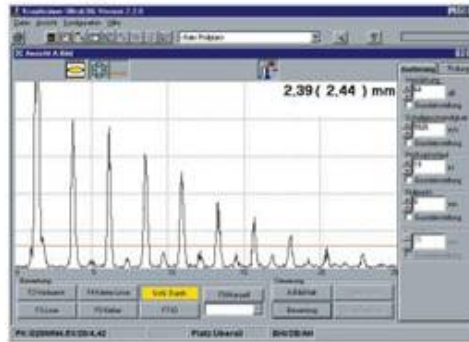


OK



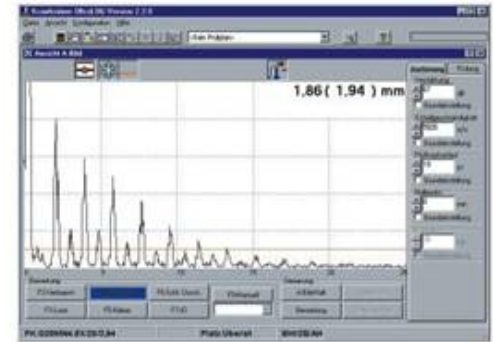
- Short echo sequence by high sound attenuation
- No flaw echos

Bad through welding



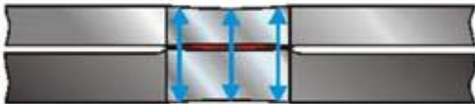
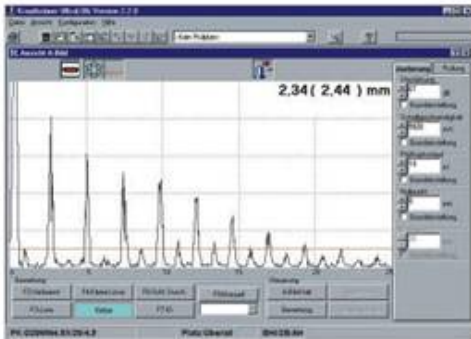
- Longer echo sequence by reduced attenuation

Small nugget



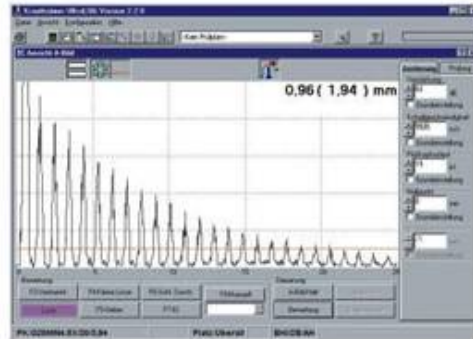
- Flaw echos coming from the unwelded area.

Stick weld



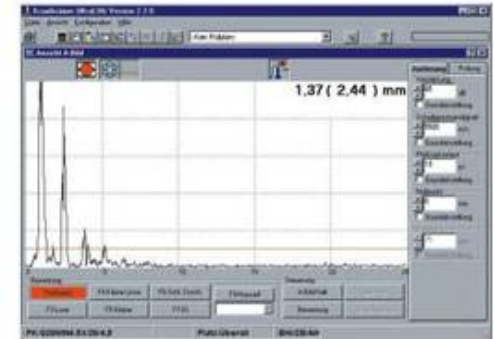
- Long echo sequence by missing weld
- Flaw echos with shifted „Napoleon hut“

Loose



- Long echo sequence coming from the upper plate

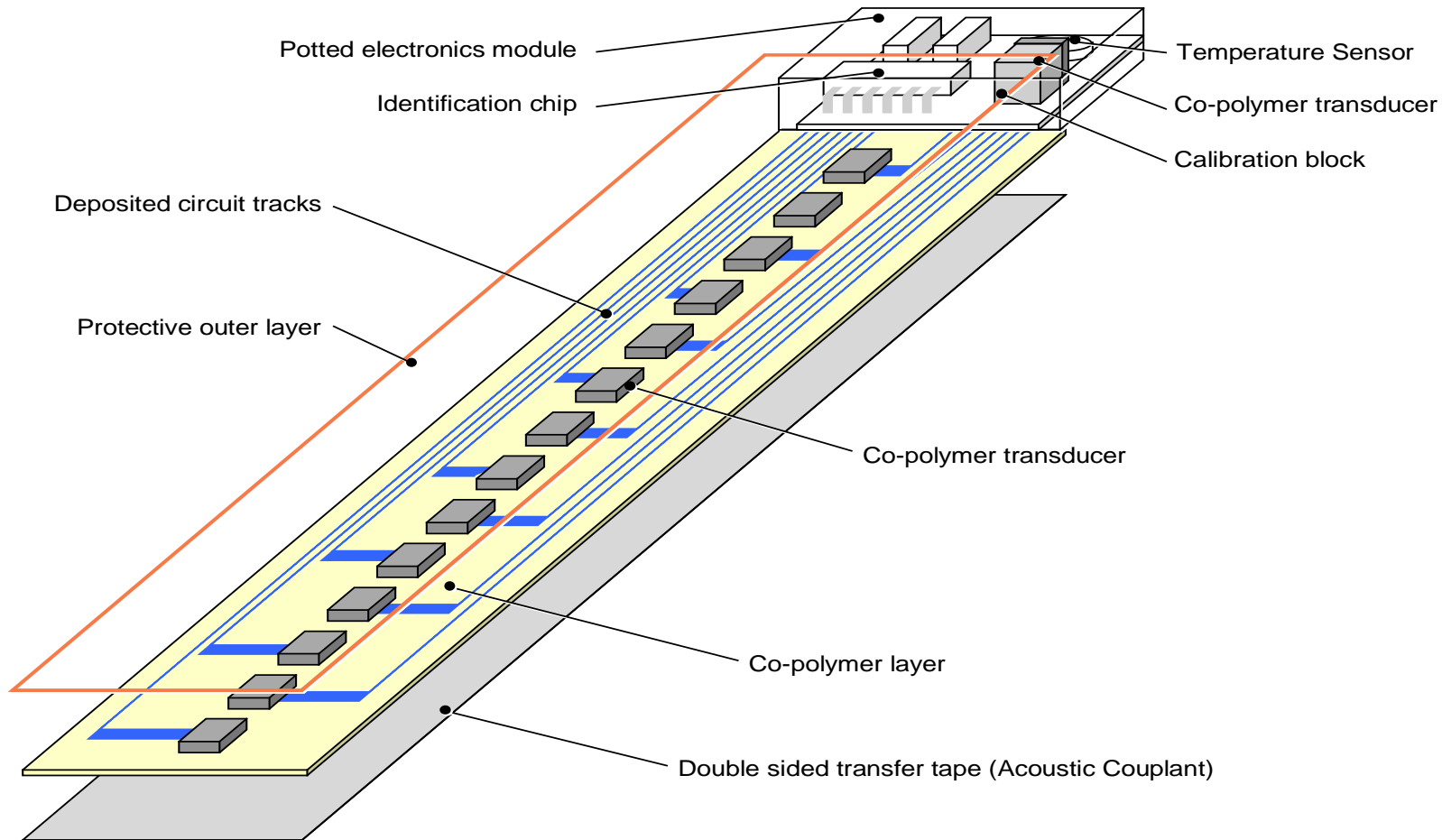
Burnt



- Short echo sequence by strong attenuation

Rightrax Intelligent Monitoring M1

M1 Sensor make up



Typical Installations

Rightrax Intelligent Monitoring



M1 sensors Fitted on Pipelines prior to insulation be reinstated



Multiple M1 Sensors fitted to subterranean Pipeline Prior to coating reinstatement and back filling

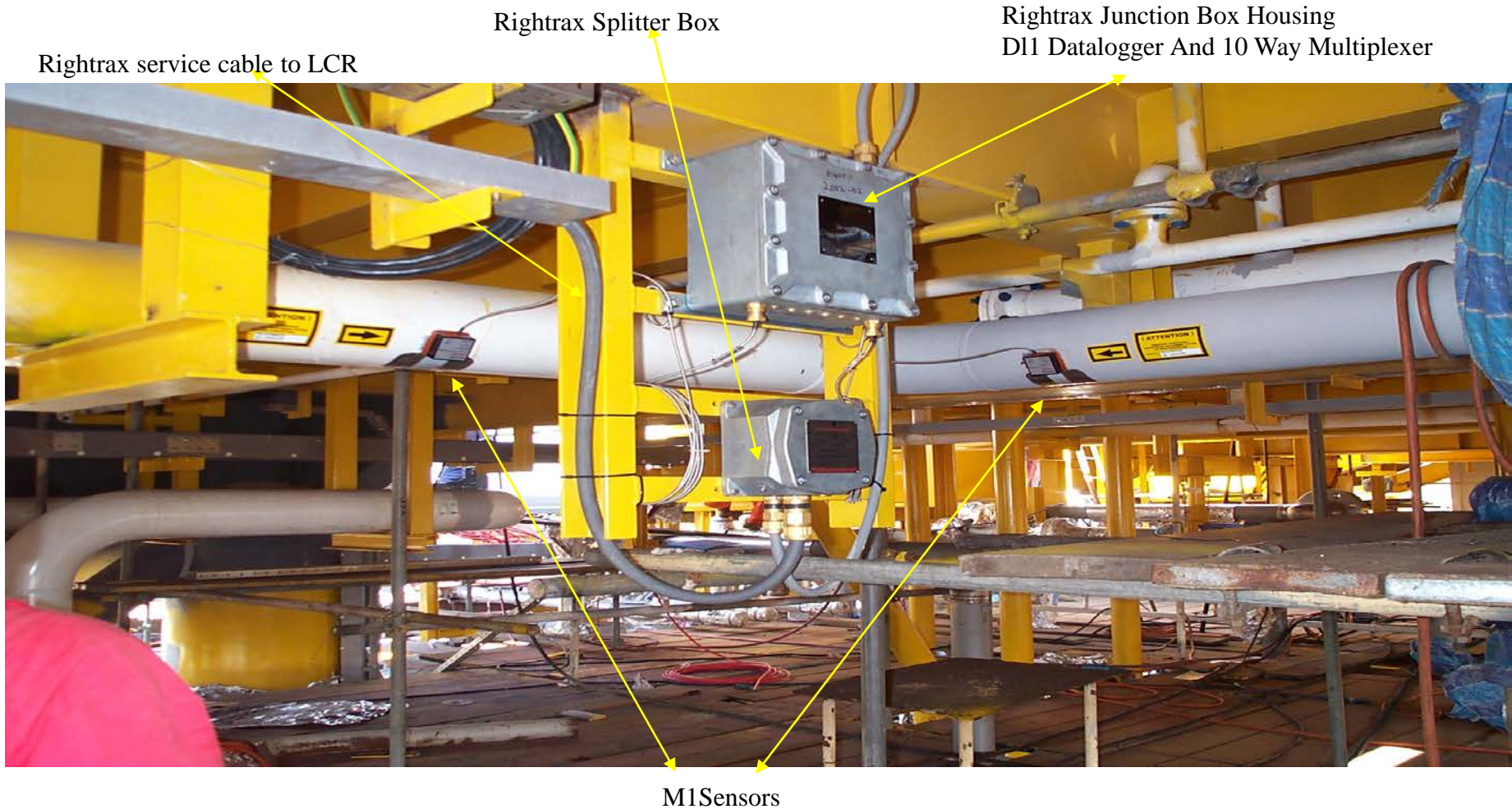


Hot Installation continuous @ 120 to 130 deg C prior to heat shield replacement

Rightrax Intelligent Monitoring

A RIGHTRAX Automated offshore system (Picture Courtesy of SHELL Brunei) with data retrieval onshore via Ethernet directly to the Corrosion engineers

Showing installed M1 sensors



A RIGHTRAX Installation site showing Installed Sensors Prior to The Customers Paint and Insulation being applied to the piping system

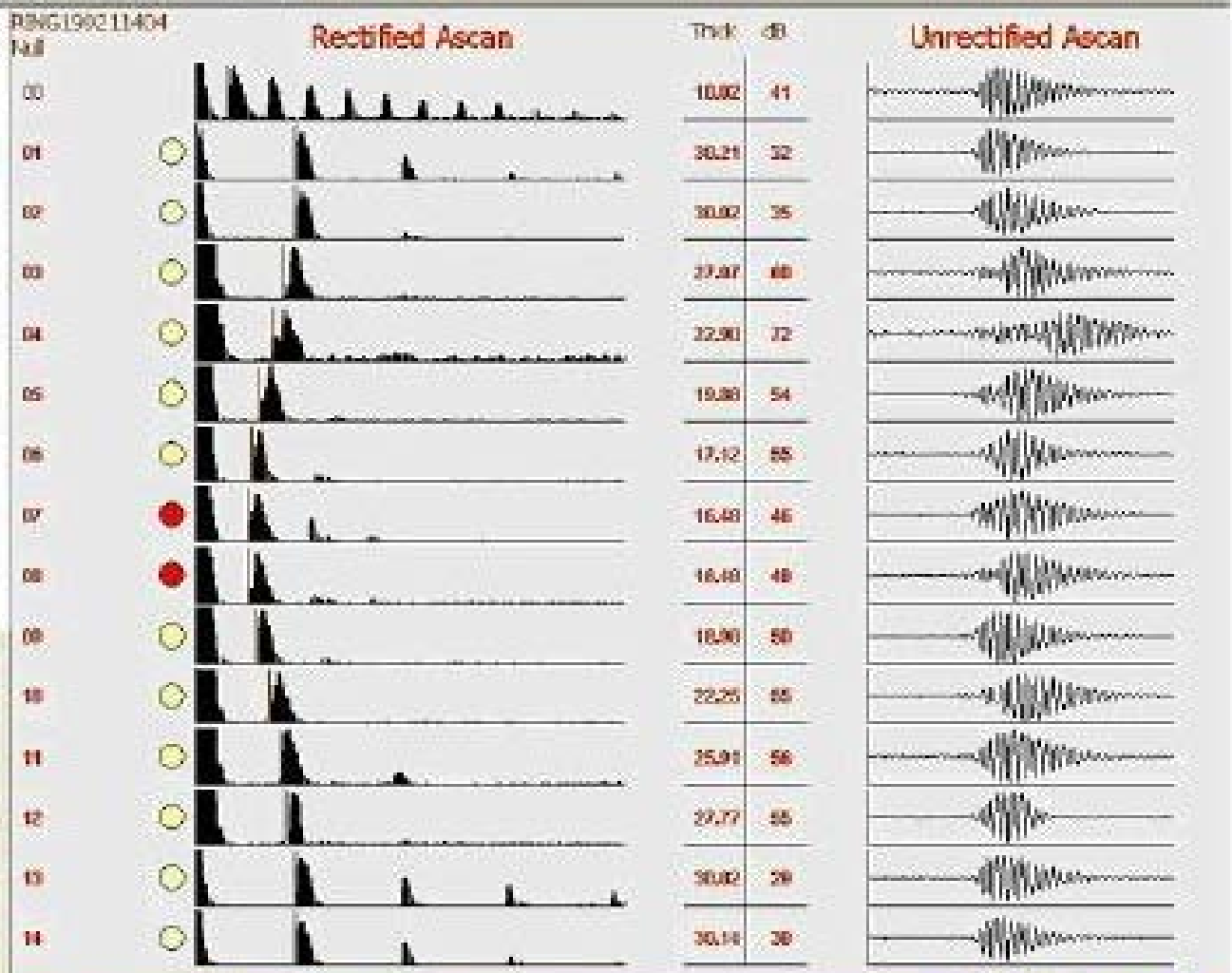
Automated offshore

Ring Database

Ring

19/02/2007

- 1408:00
- 1411:00
- 1415:00
- 1419:00
- 1422:00
- 1426:00
- 1430:00
- 1433:00
- 1441:00
- 1444:00
- 1448:00
- 1452:00
- 1456:00
- 1459:00



MIT Parameters

HTid: 0002

Date / Time: 19/02/2007 14:04:00

Velocity: 6415 m/s

Temperature: 31 °C

Display Options

dBI: 0 dB Visual Alarm

Magnify Audible Alarm

Expanded Timescale:

SMALL MACHINES FILME

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

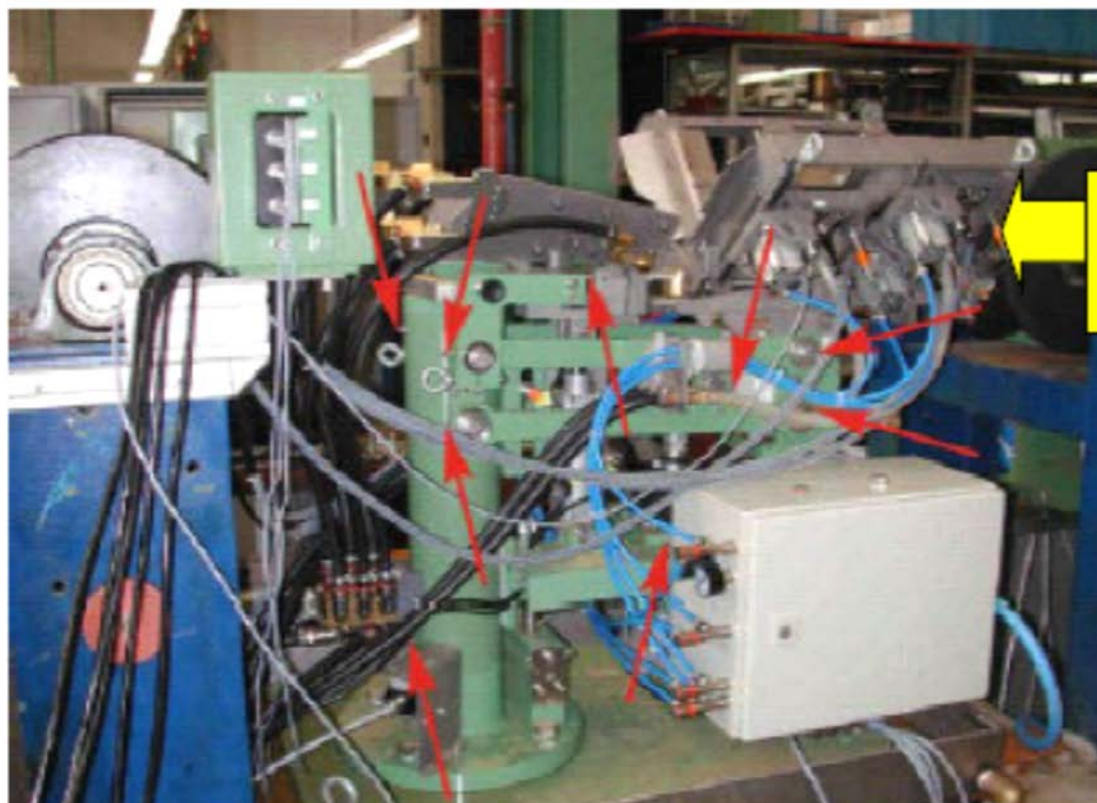
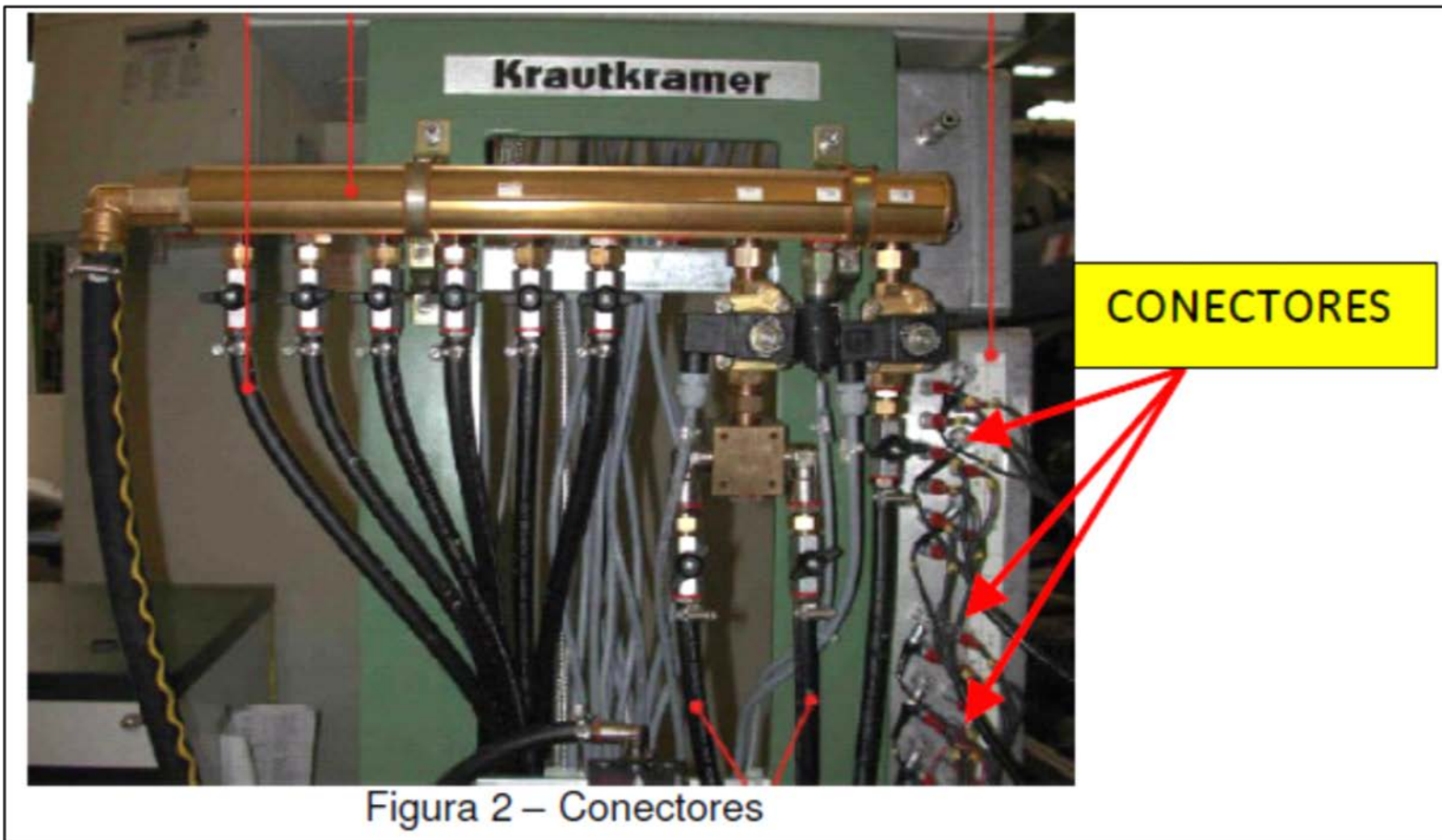


Figura 1 - Localização dos transdutores da KNU 2B 18

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

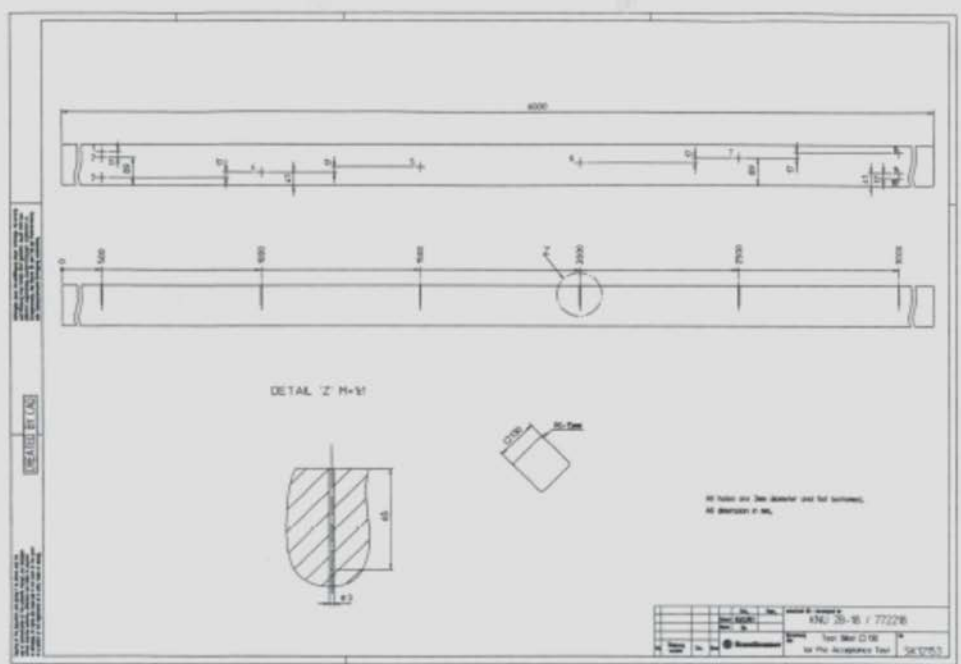


Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

TRANSDUTOR	EQUIPAMENTO UTILIZADO	ALTURA DO ECO DA DESCONTINUIDADE
SE 2 Mhz	USK7	80%
SE 2 Mhz	KNU	20%
A	USK7	80%
A	KNU	20%
A	USM35	100%

TABLEA 1 - Resultado dos testes comparativos com os transdutores.

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



091345 - 0909260 - 0100

0909769 - 8038 Test # 091345 **Reject** Longest Paintfree Part

Type S0130C# Date 1/10/2007 10:26:36 AM

Blister length [m] 6.05

Entr. speed [m/s] 0.47

Ext. speed [m/s] 0.47

CHECK	[sec]	Num	Y	Lower		Upper	
				Num	T	Num	T
A	80	2		230	7	1.3	33
B	40	2		120	3	0.7	2.0
C	20	1		140	3	0.3	2.3
[DwC]	640	3		X	X X	10.6	X

Blister Type S0130C#

QI Code

Customer

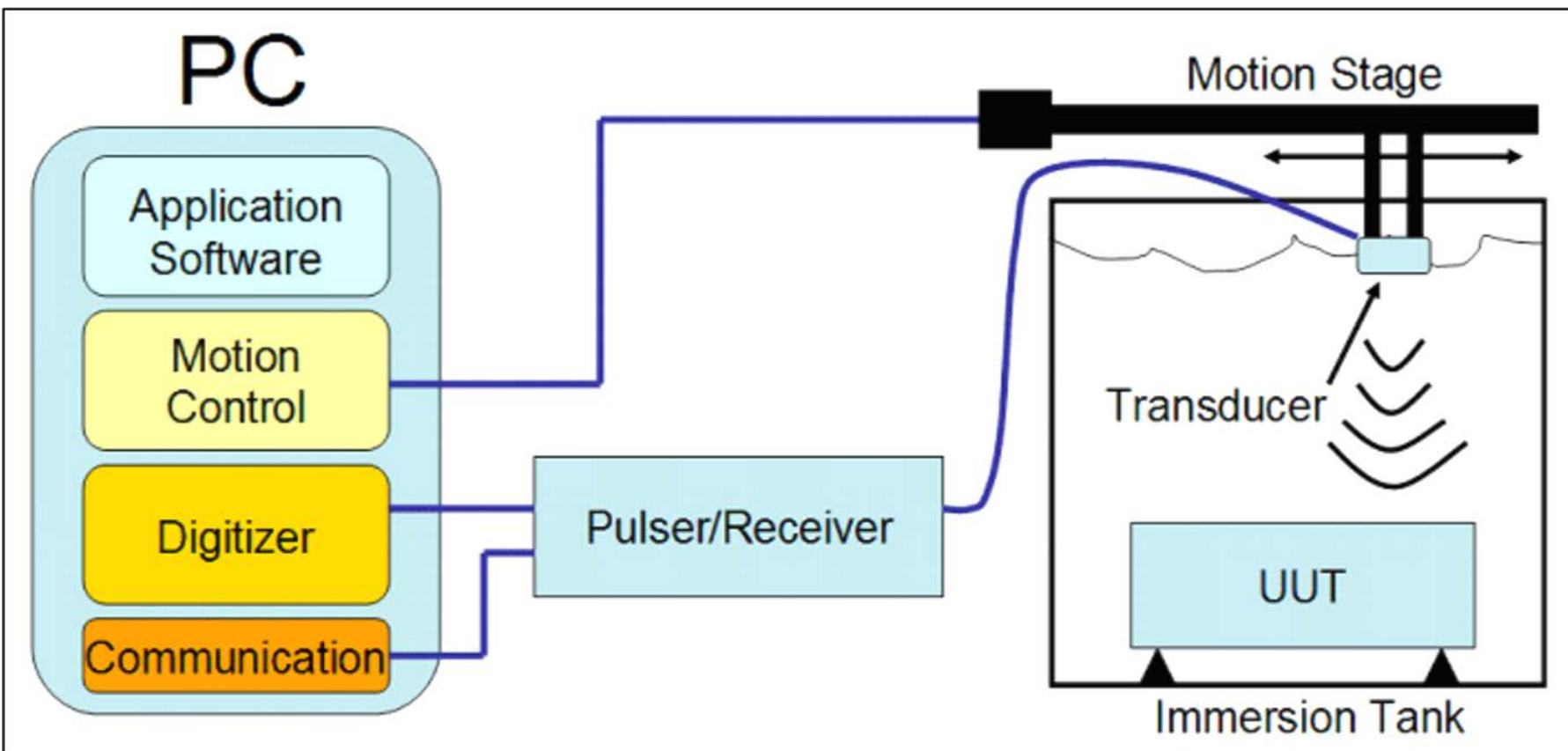
Operator

Legend: Touted (green), Over upper threshold (red), Coupling loss (blue)

Chart showing blister detection results for segments A01 to A09. A detailed view of the A04 segment shows a significant defect.

P

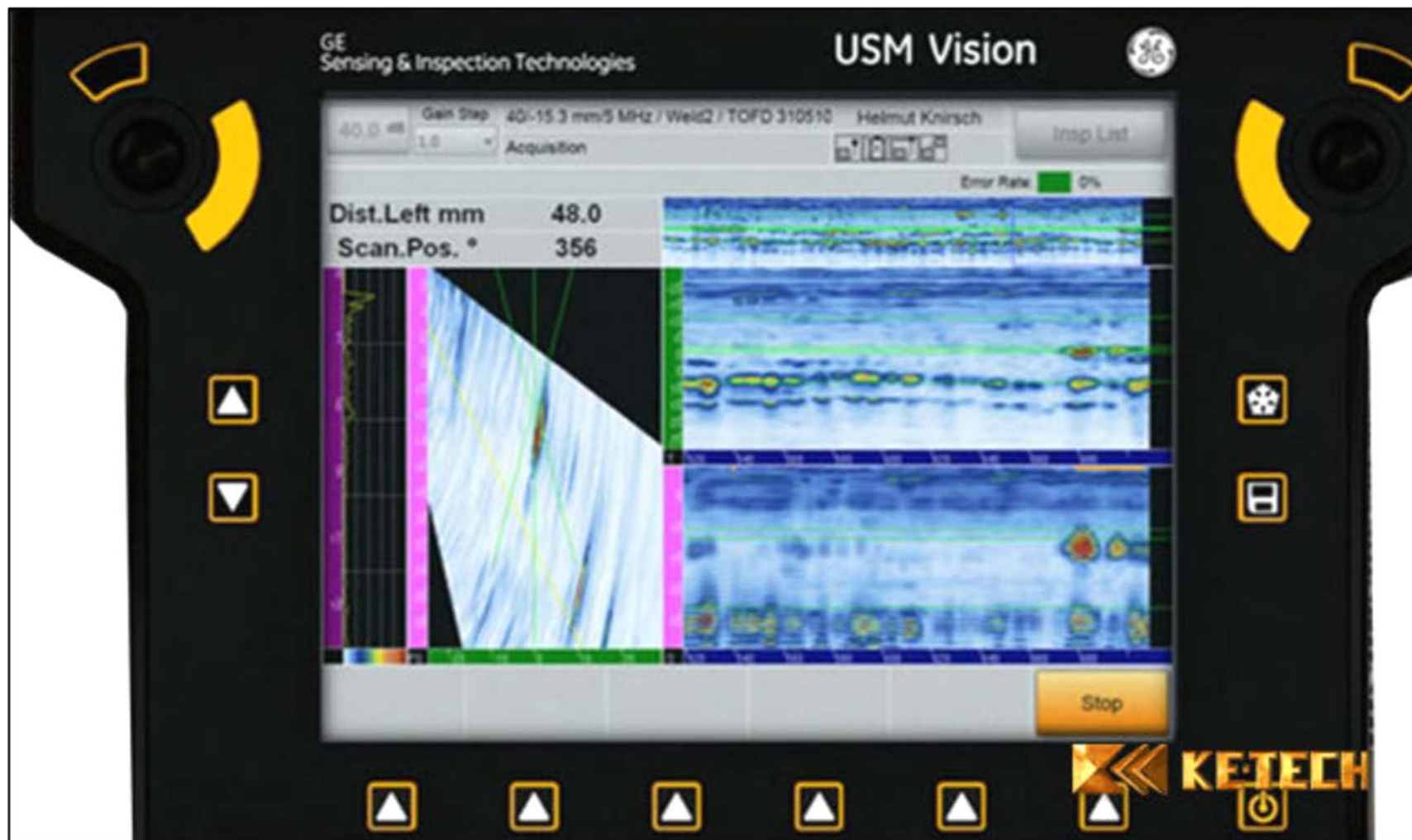
ert



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

Dimensionamento de Camada de Óxido por Ultra-Som.



Camada de óxido no diâmetro interno do duto

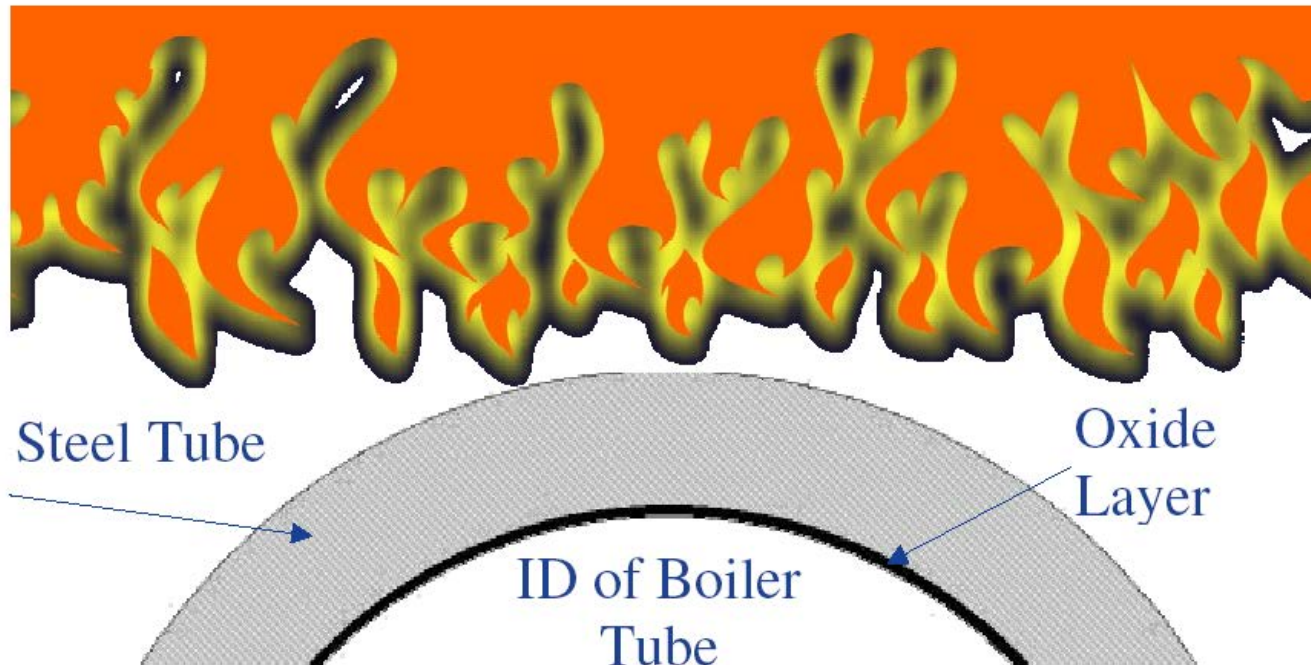
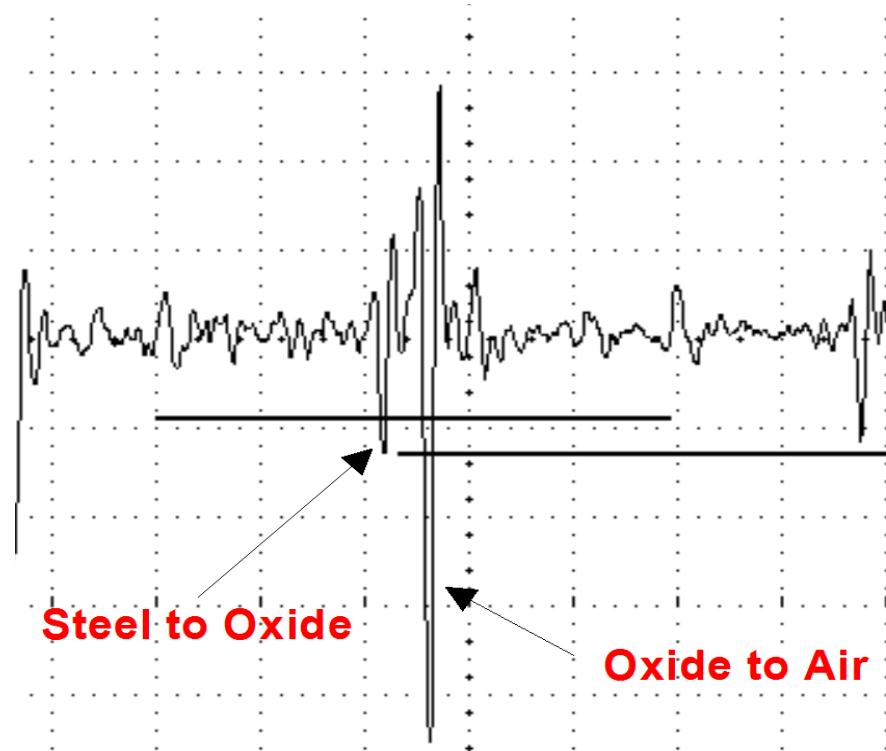


Figura 4 – Formação da camada de óxido.

A técnica empregada é pulso-eco com ondas retificadas no modo RF.

Diferença entre as amplitudes dos ecos das interfaces aço-óxido e óxido –fluido

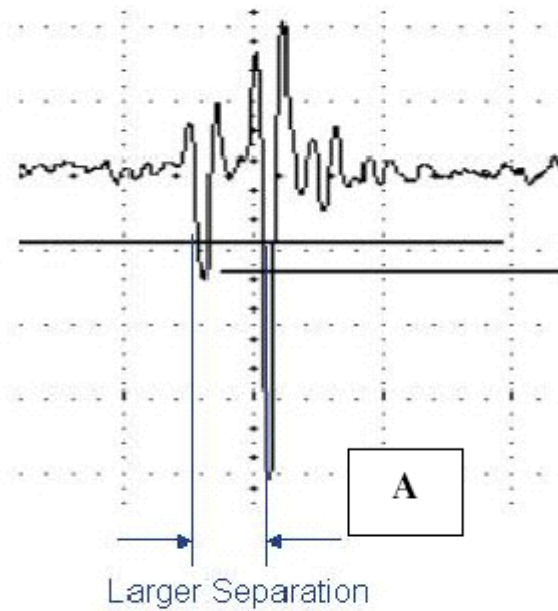
- A amplitude do eco da interface aço-óxido é bem menor que a amplitude do eco da interface óxido-fluido pois a diferença de impedância acústica é muito maior entre o óxido e o fluido que entre o aço e o óxido





O equipamento deve ser capaz de separar estes dois ecos.

Shear Wave Probe



L-Wave Probe

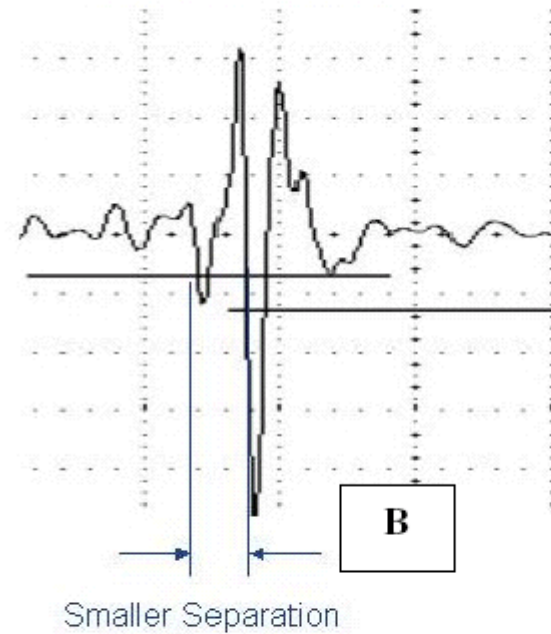


Figura 6 – Comparação entre a inspeção realizada com ondas Transversais(A) e ondas longitudinais(B) para uma camada de 410 μm de espessura.

Utilizando um equipamento USN60, foram realizados testes com várias espessuras de camada de óxido, de 180 μm a 760 μm .

Foram utilizados transdutores de ondas longitudinais e transdutores de ondas transversais de 20 Mhz, com o intuito de averiguar a diferença entre ambos os tipos de onda na eficácia da separação dos ecos.

O acoplante utilizado foi o SLC-70 e o transdutor que apresentou melhores resultados foi o DFR-291-484-700.

Foi determinado que a resolução é confiável para camadas de até 130 μm .

FIM

Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert