

# **PRINCIPAIS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS**

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

## **REFERÊNCIAS:**

- **APOSTILAS-ABENDE-RICARDO ANDREUCCI;**
- **MATERIAL DA GE INPECTION TECHNOLOGIES;**
- **ASM METALS HANDBOOK, VOL.17.**

## **PRINCIPAIS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS:**

- **INSPEÇÃO VISUAL;**
- **LÍQUIDO PENETRANTE,**
- **ULTRASSOM;**
- **PARTÍCULAS MAGNÉTICAS;**
- **CORRENTES PARASITAS;**
- **INSPEÇÃO VISUAL REMOTA;**
- **RADIOGRAFIA INDUSTRIAL;**
- **TERMOGRAFIA.**

## **APLICAÇÃO DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS:**

- **RECEBIMENTO;**
- **PROCESSO;**
- **EXPEDIÇÃO;**
- **INSPEÇÕES PERIÓDICAS EM SERVIÇO:  
MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA.**



# Inspeção Visual

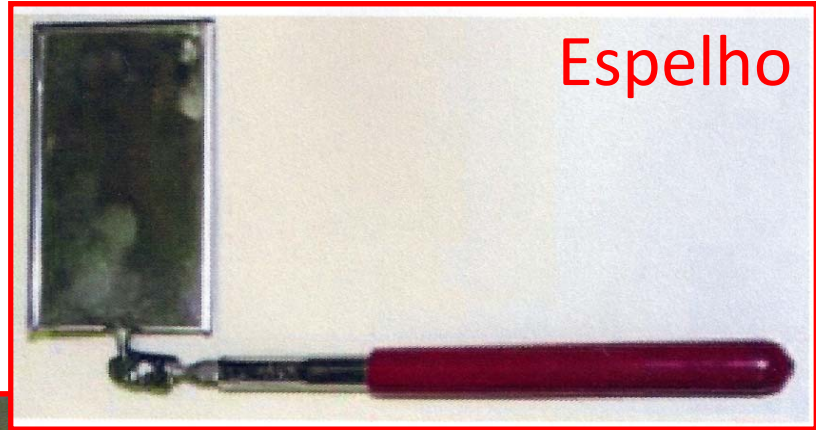
**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

## Introdução

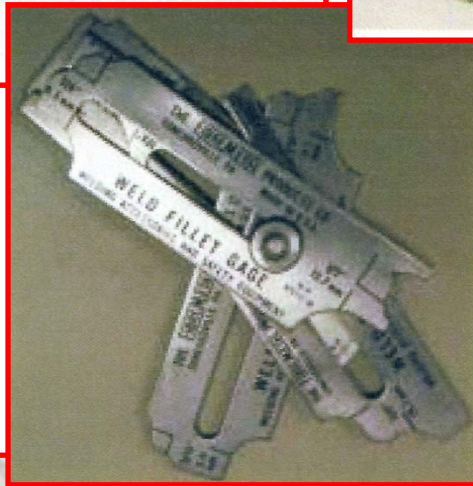
- O Ensaio Visual é uma das mais antigas atividades realizadas nos setores industriais em geral (aeronáutica  $\approx 80\%$ );
- É sempre o primeiro método END aplicado em qualquer tipo de peça, componente, montagem (sub-estrutura) e estrutura integral;
- Está freqüentemente associado a outros métodos de ensaios de materiais.



Lupa



Espelho



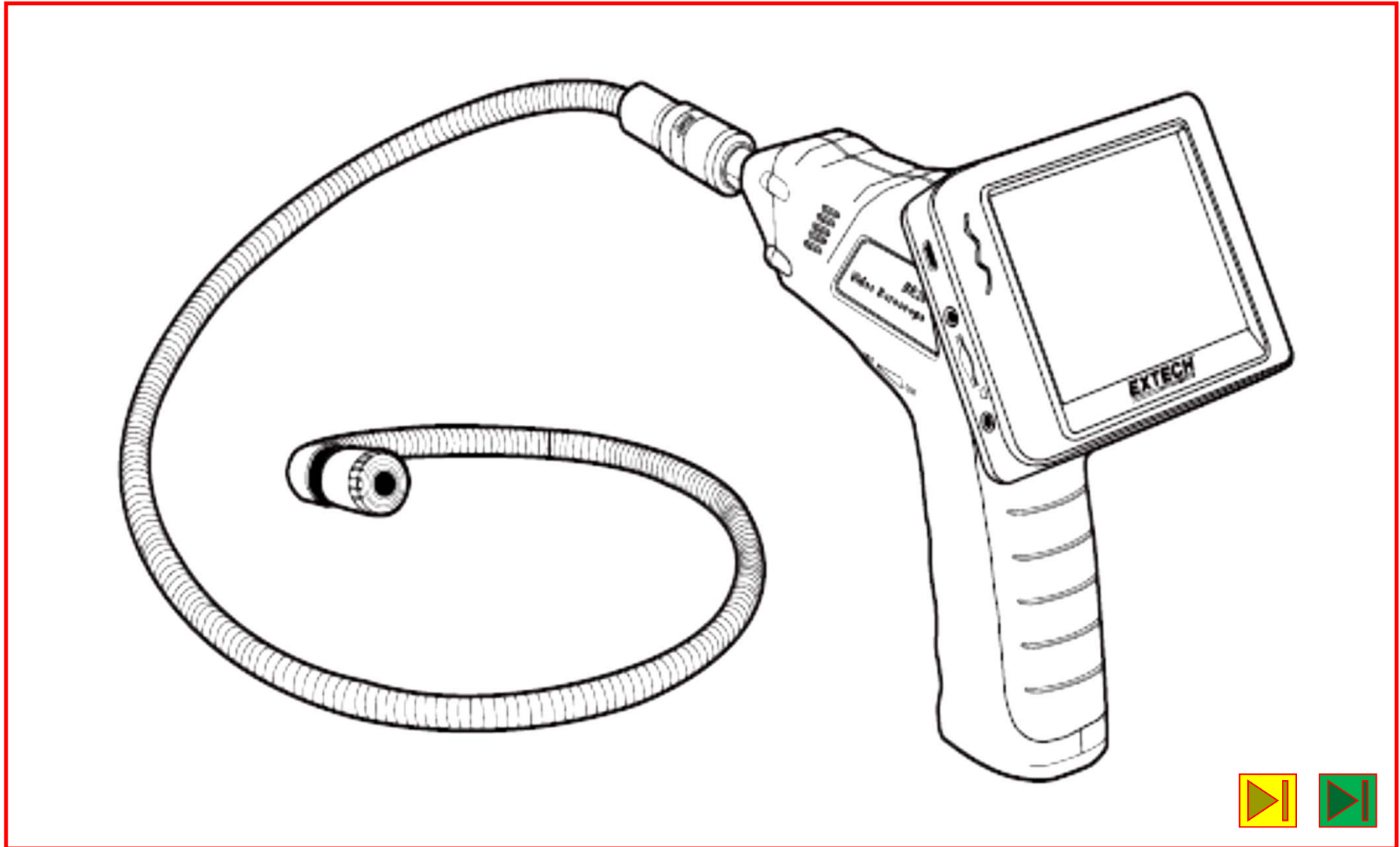
Gabaritos

Lentes de aumento



Lanternas





*Telescópios, boroscópios, fibroscópios, endoscópios*



## Produtos de Inspeção Visual Remota Endoscópios Industriais



### Descrição Geral

A Olympus é um líder conceituado a nível mundial no que diz respeito à tecnologia de inspeção visual com um portfólio abrangente de endoscópios industriais que simplificam as inspeções precisas de espaços pequenos e fechados. Estes endoscópios podem ser utilizados numa vasta gama de aplicações em que é útil observar o interior de motores, turbinas de gás, maquinaria, por trás de barreiras, no interior de tubos e depósitos e noutros locais onde o acesso é limitado. Também podem ser utilizados em operações de pesquisa e auxílio. Décadas de experiência proporcionaram uma linha versátil de videoscópios, fibroscópios, Boroscópios rígidos e um conjunto de opções de hardware e software específicas de aplicação.



**Figure 2. An Inspector at Tinker Air Force Base Gets a Magnified View of an Engine's High-Pressure Turbine Area with a New Digital Fiber-Optic Borescope. (Photo Courtesy of US Air Force; Photo taken by Margo Wright)**

# INSPEÇÃO VISUAL REMOTA



VideoProbe XLG3

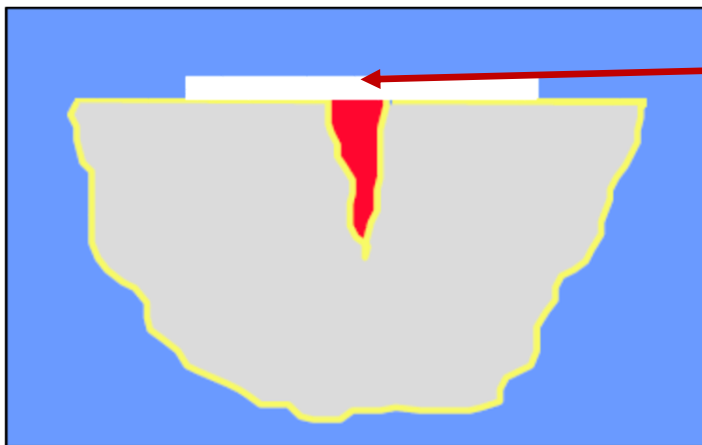
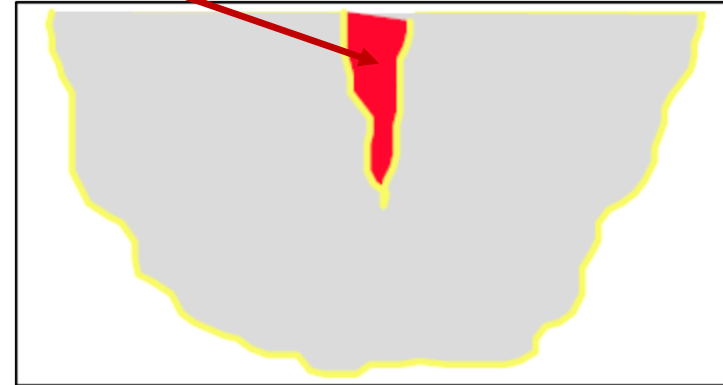
- Joystick controlled articulation
- Color CCD at distal end of probe
- Insertion tube watertight to 30 feet
- Integrate 2-hour battery / UPS
- Stereo defect measurement capability
- Record still images or MPEG video
- Embedded PC with ethernet connectivity
- Embedded R/W DVD , PC-card, and USB-2.0 ports



# LP (Líquido Penetrante)

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

# LÍQUIDO PENETRANTE



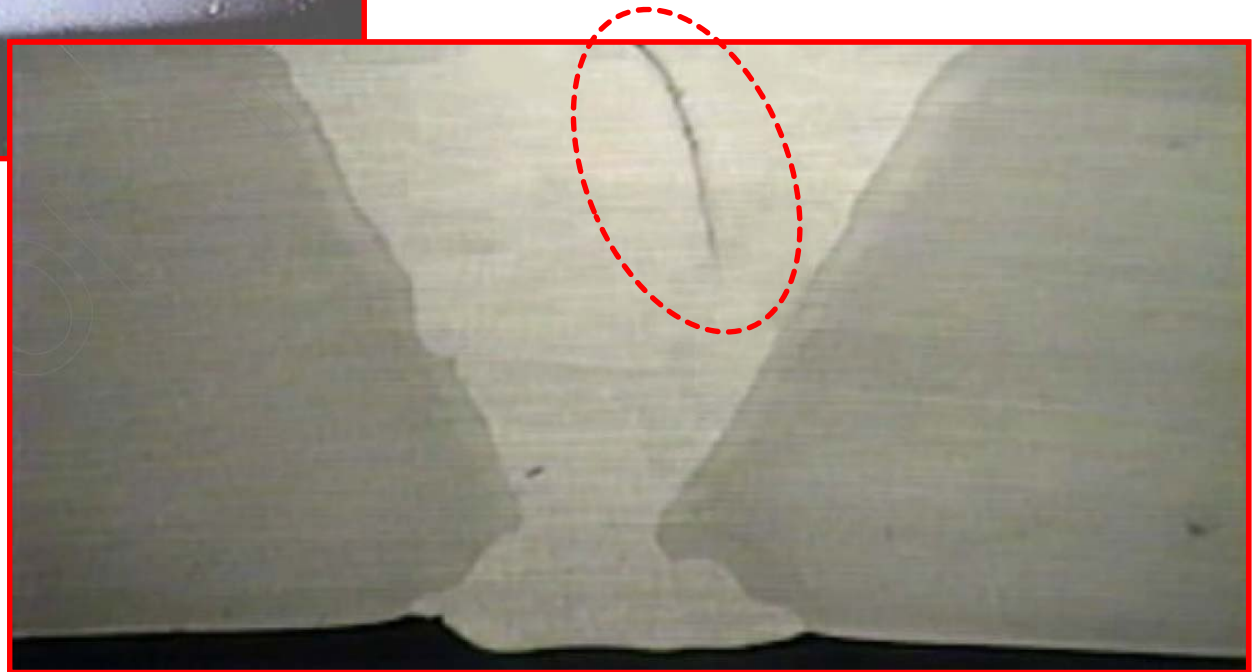
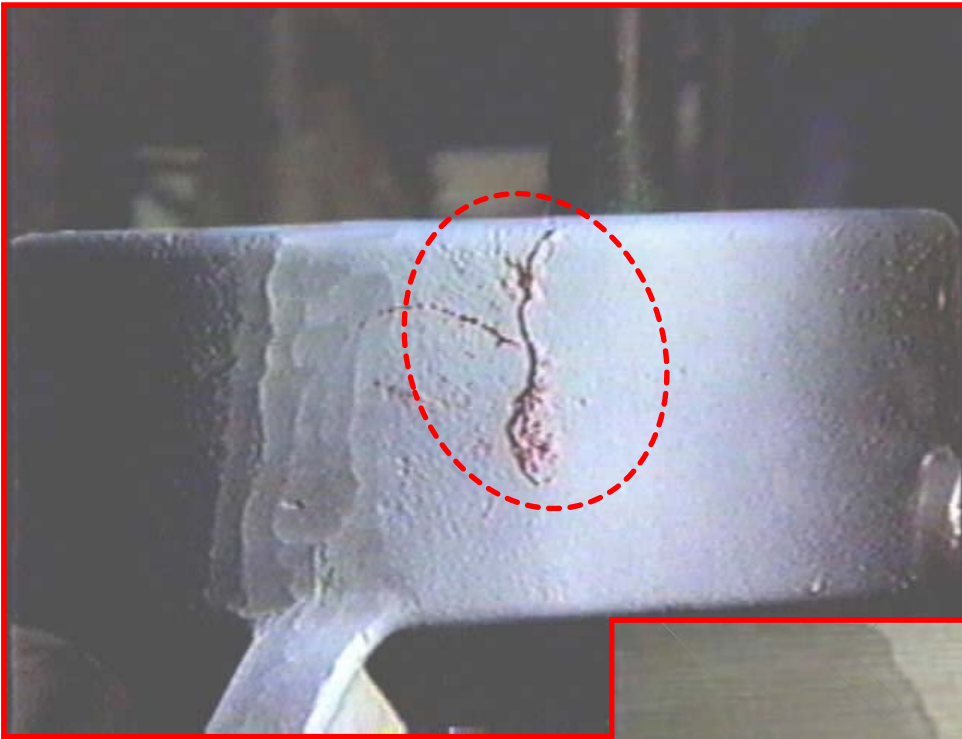
REVELADOR



[www.inspbrasil.com.br](http://www.inspbrasil.com.br)

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

# *Exemplos*



Ultrassom



**- *Ultrasom = freqüências de onda acima de 20 kHz (> 100 kHz - END)***

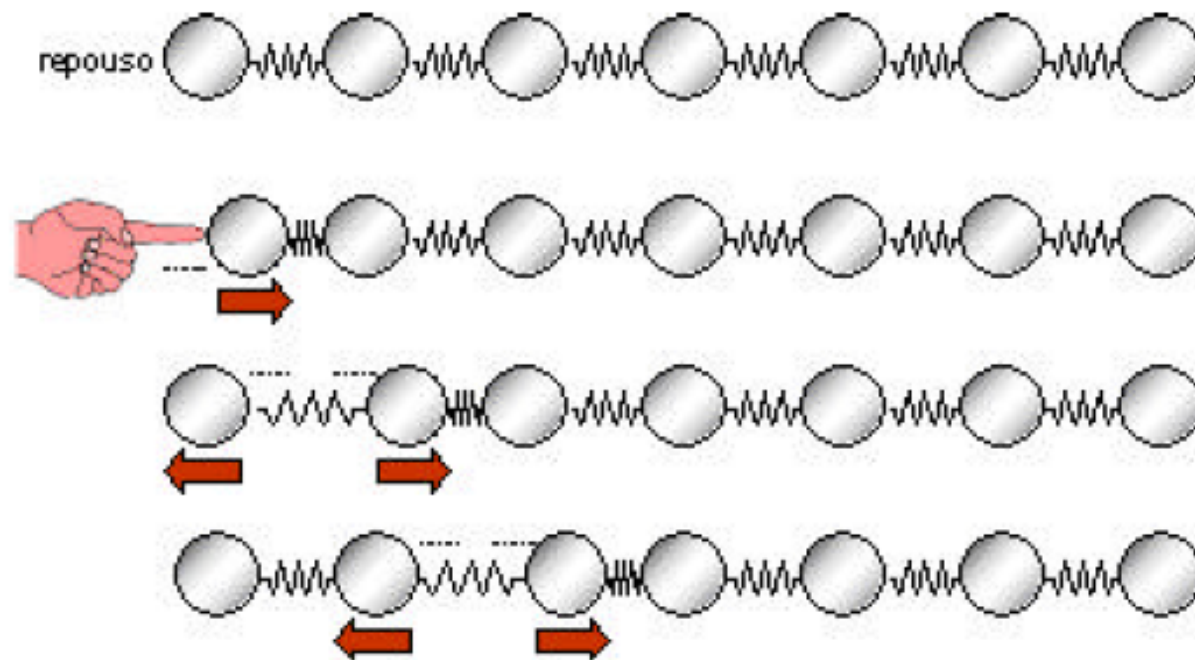
**- *Ondas elásticas-mecânicas, de deformação compressiva, que são geradas e se propagam por intermédio da vibração de átomos e moléculas → ligações interatômicas e intermoleculares (módulo de elasticidade)***

**- *São refletidas, transmitidas e refratadas pela matéria***

## GERAÇÃO DE ONDAS DE COMPRESSÃO NA MATÉRIA

Ondas longitudinais (Ondas de compressão):

São ondas cujas partículas oscilam na direção de propagação da onda, podendo ser transmitidas a sólidos, líquidos e gases.



Onda longitudinal

**TABLE 23-2** Ultrasonic velocities for selected materials

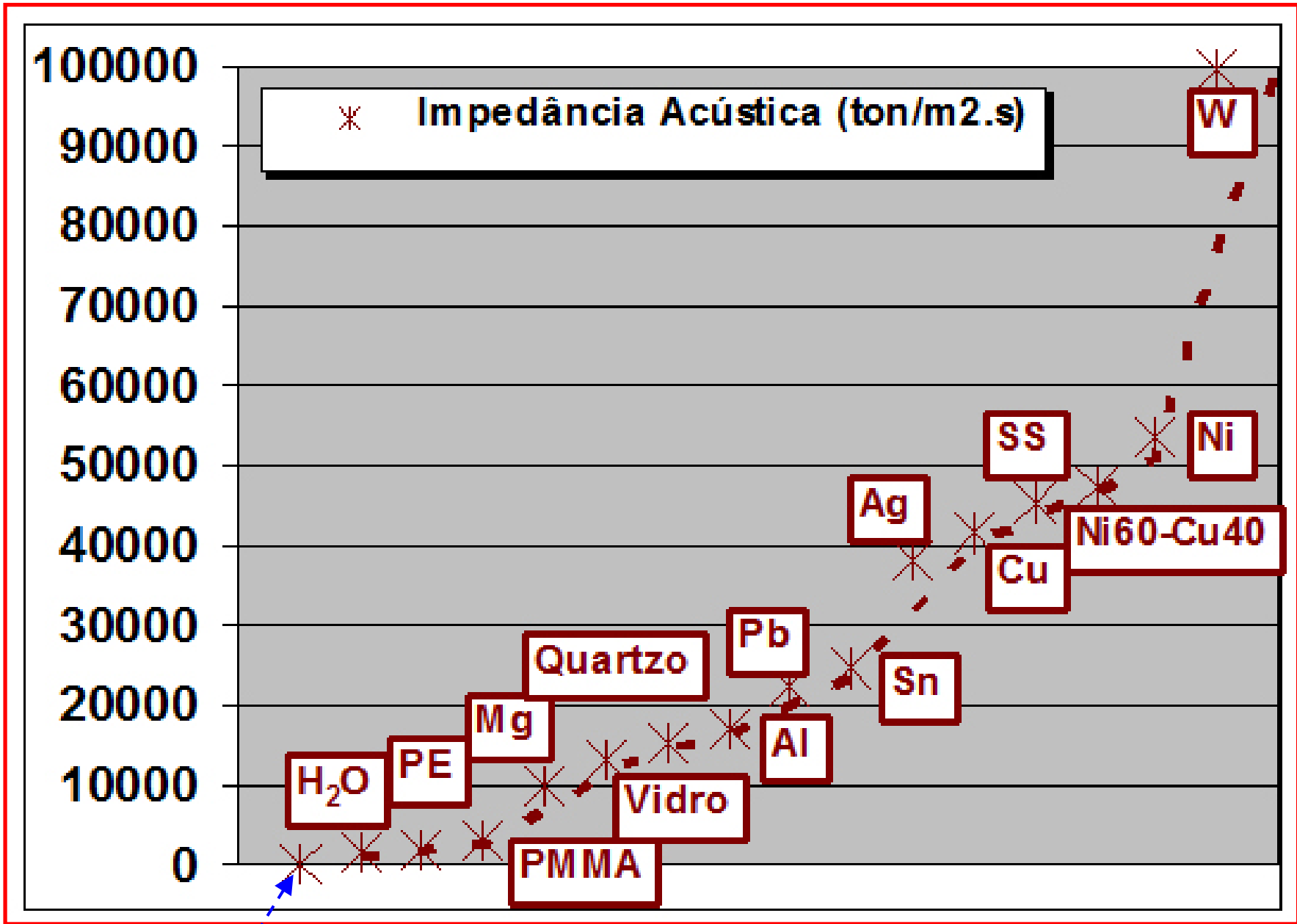
Material	Bulk Velocity (in./s × 10 <sup>5</sup> )	Modulus of Elasticity (psi × 10 <sup>6</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Al	2.46	10.4	2.7
Cu	1.82	16.0	8.96
Pb	0.77	2.4	11.34
Mg	2.27	6.6	1.74
Ni	2.37	30.0	8.9
60% Ni-40% Cu	2.10	26.0	8.9
Ag	1.43	10.9	10.49
Stainless steel	2.26	28.5	7.91
Sn	1.33	8.0	7.3
W	2.04	58.9	19.25
Air	0.13	—	0.0013
Glass	2.22	10.4	2.32
Lucite	1.05	0.5	1.18
Polyethylene	0.77	0.18	0.9
Quartz	2.26	10.0	2.65
Water	0.59	—	1.00

From W. McGonagle, *Nondestructive Testing*, McGraw-Hill, 1961.

$$v = \sqrt{E.g / d}$$

$$\text{Impedância (W)} = \text{Vel. Som (v)} * \text{Densidade (d)} = \sqrt{E.g.d}$$

*Impedância acústica de um sistema vibratório ou meio de propagação, é a OPOSIÇÃO ou RESISTÊNCIA que este oferece à passagem da onda sonora, em função de sua frequência e velocidade*



VÁCUO → 0; AR = 0,41 ton/m<sup>2</sup>.s

# ***EFEITOS PIEZO-ELÉTRICO DIRETO E INVERSO***

Alternating voltage applied:

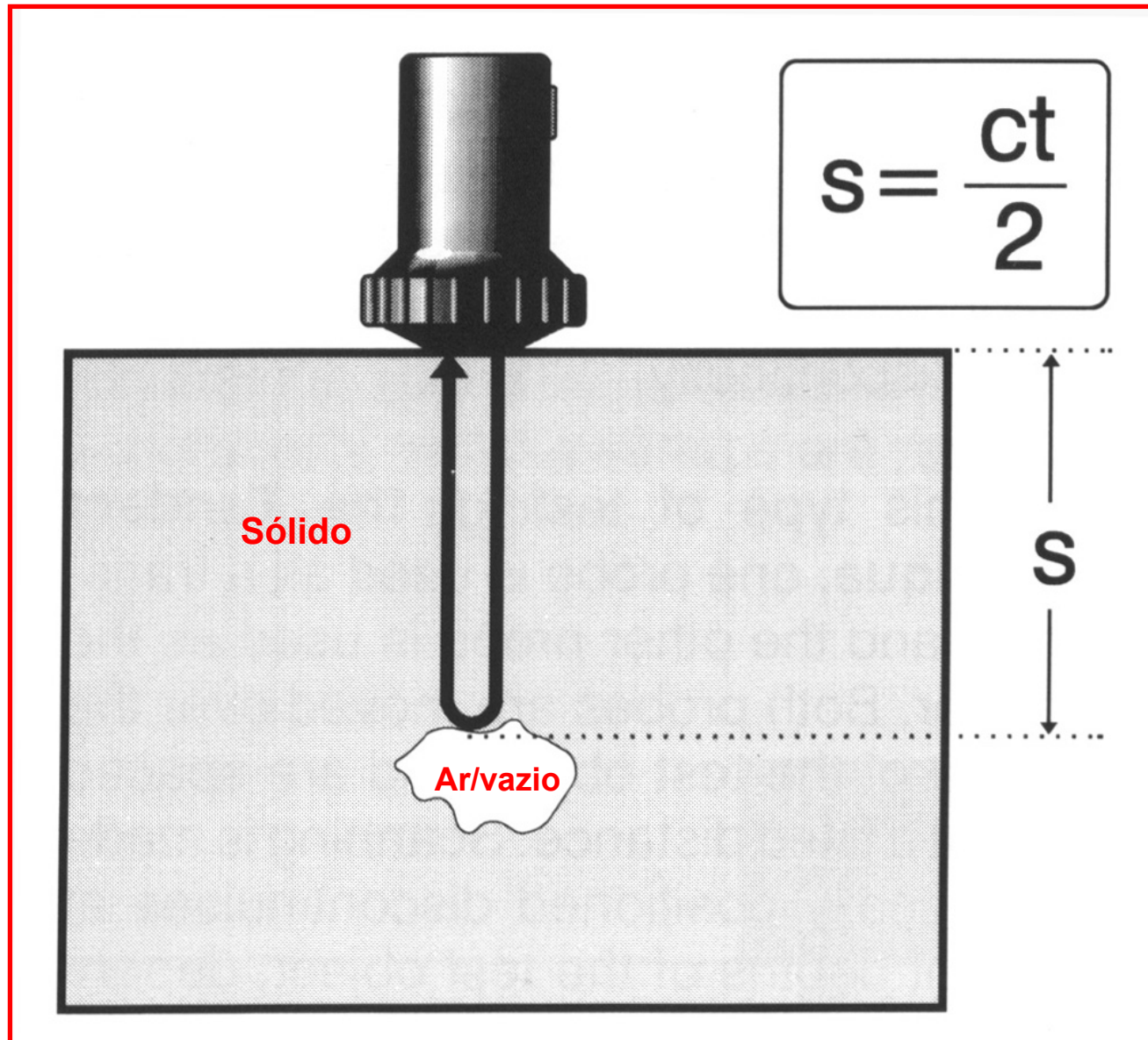


crystal expands



crystal contracts

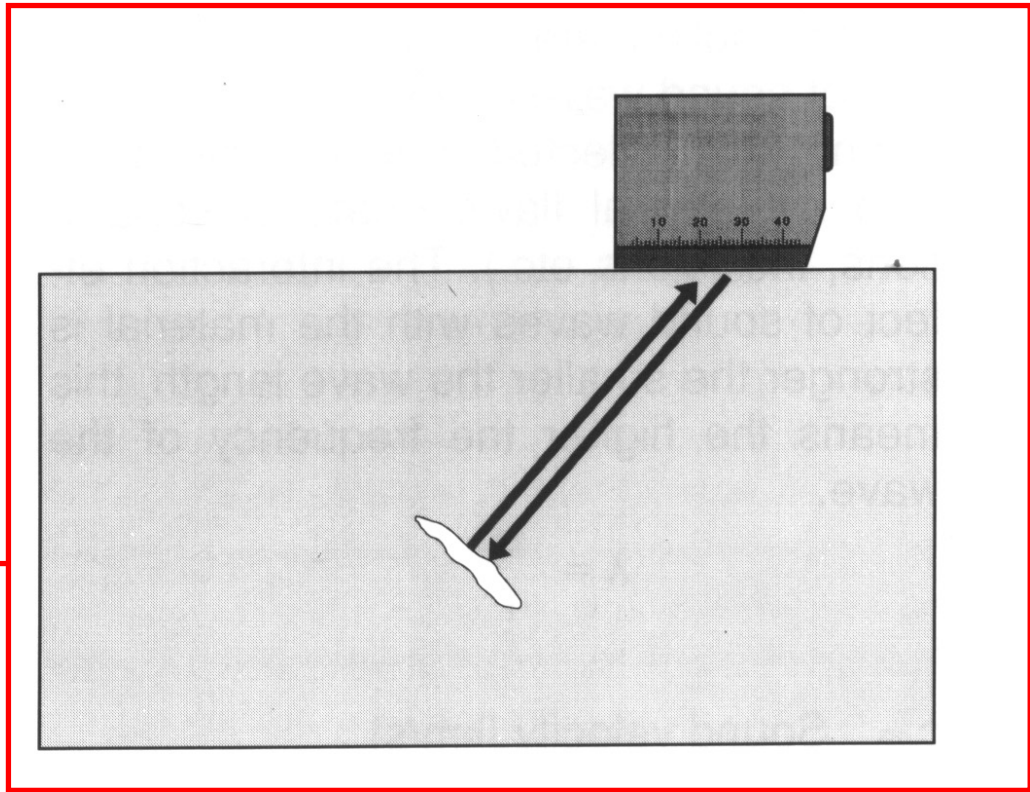
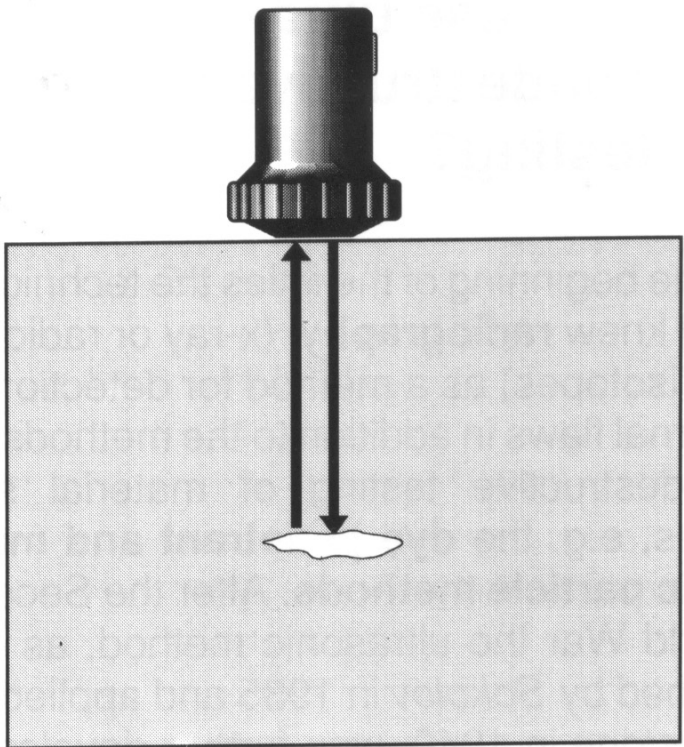
## TEMPO DE VÔO (TECNICA PULSO-ECO)



## **CRISTAIS**

- **Quartzo = estabilidade térmica e elétrica, insolubidade na maioria dos líquidos, alta resistência mecânica e ao desgaste, excelente uniformidade e resistência ao envelhecimento. Relativamente baixa eficiência de conversão eletromecânica;**
- **Sulfato de lítio = ótimo amortecimento acústico para alta resolução, eficiência intermediária de conversão;**
- **Cerâmicas polarizadas = alta eficiência de conversão para alta sensibilidade, baixa resistência mecânica (tenacidade) e relativamente alta capacitância elétrica, que restringe seu uso a frequências abaixo de 15 MHz.**

**DIRETO**



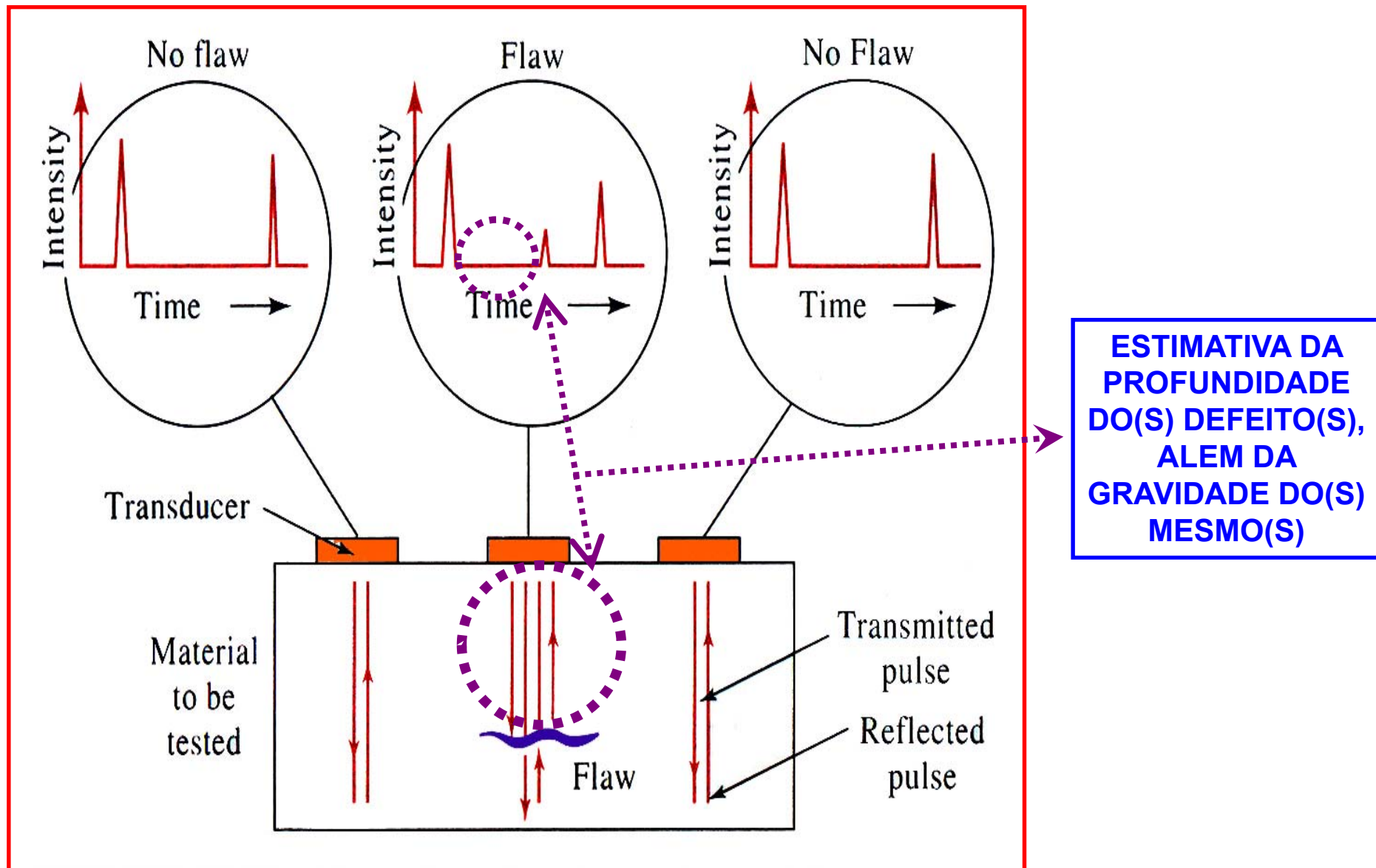
**EM ÂNGULO**



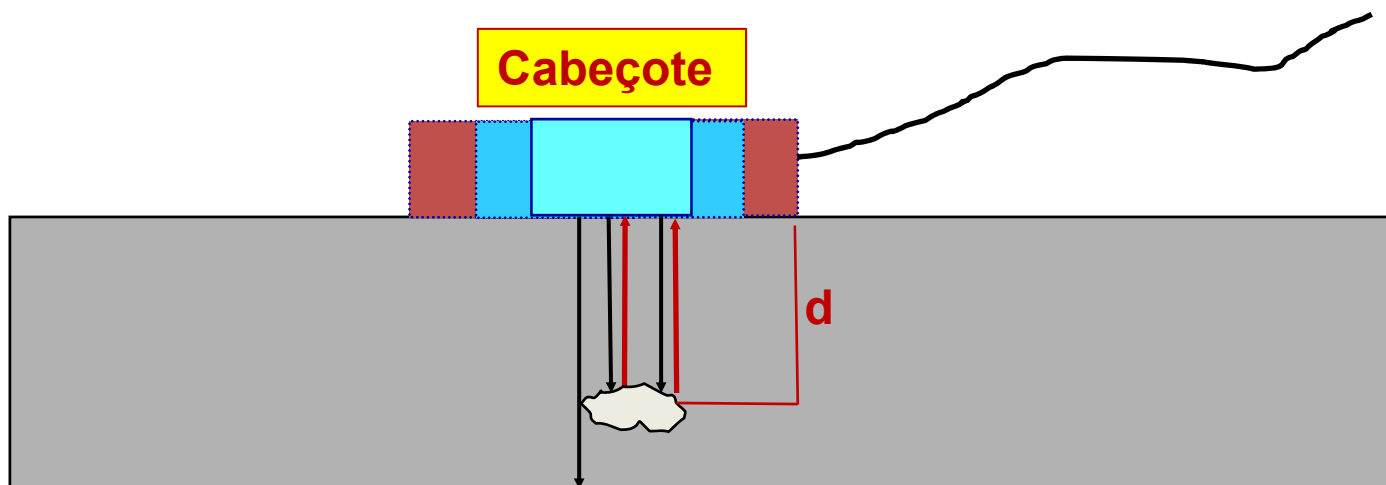
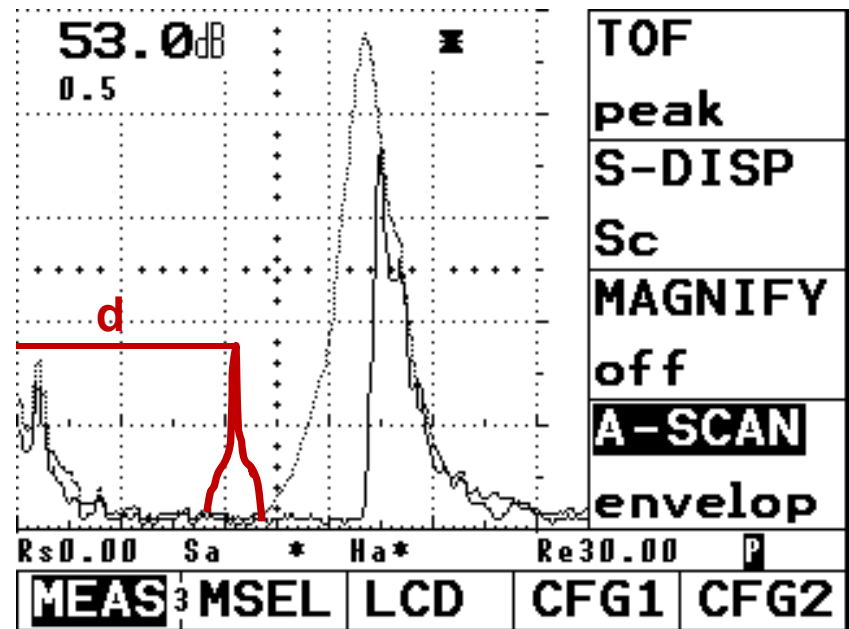
# USN 60



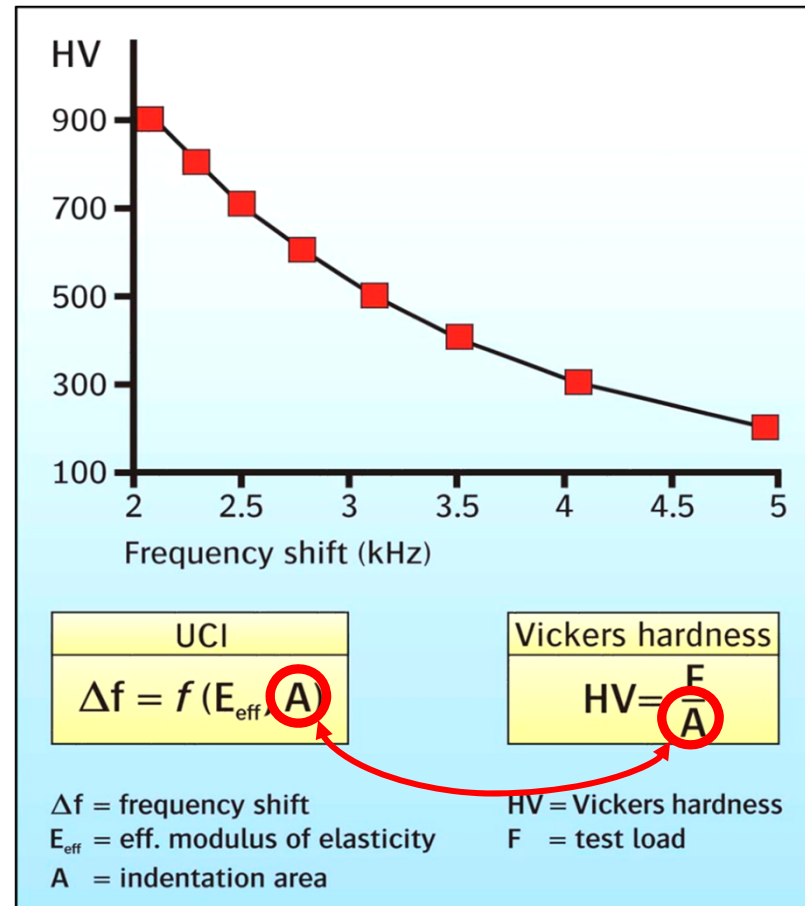
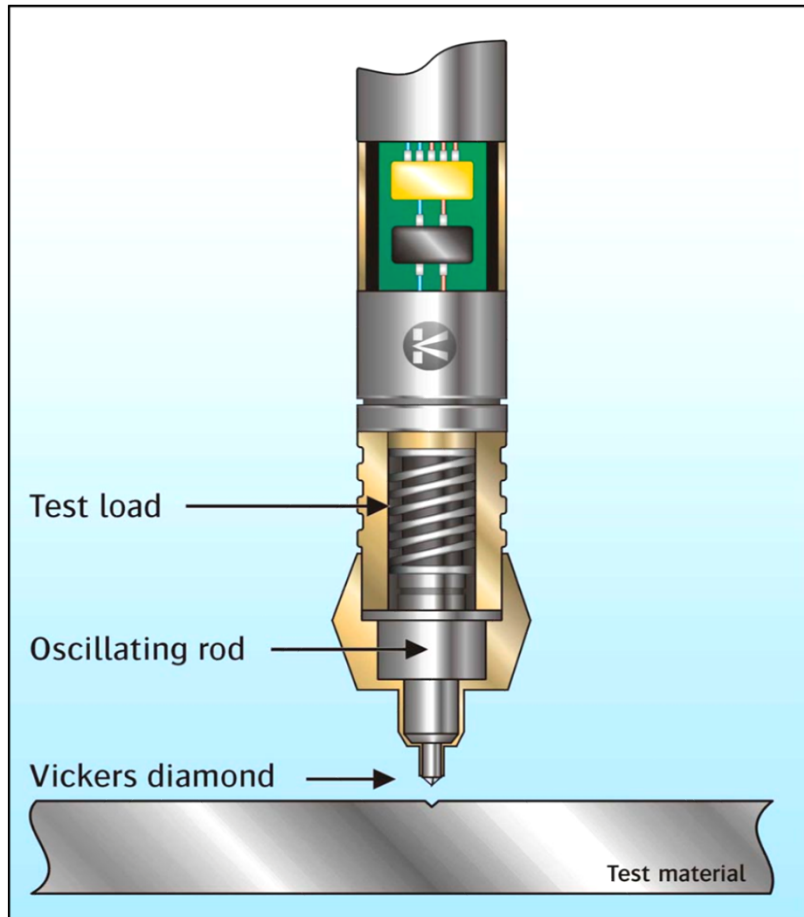
# **TÉCNICA PULSO-ECO ou DE REFLEXÃO (MODO A DE VARREDURA)**



# DETECÇÃO DA DESCONTINUIDADE – APRESENTAÇÃO A-SCAN

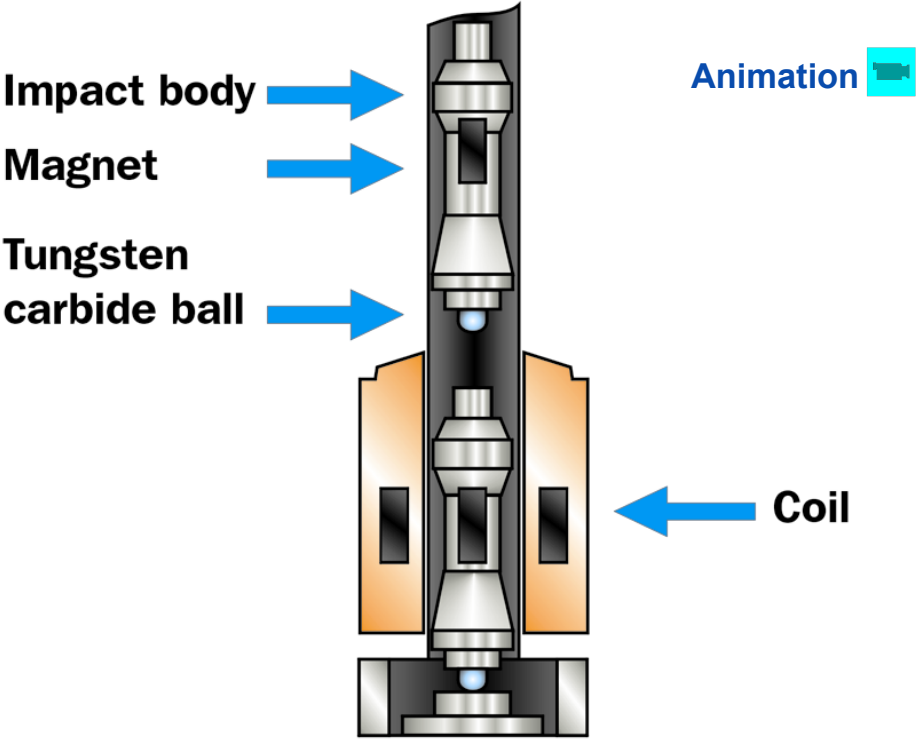


# MEDIDA DE DUREZA POR IMPEDÂNCIA ULTRASSÔNICA DE CONTATO (UCI)



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

**Princípio do rebote:  
diferença de energia  
potencial**



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

# EQUIPAMENTOS

DynaPOCKET



DynaMIC



MIC 20



# APLICAÇÃO



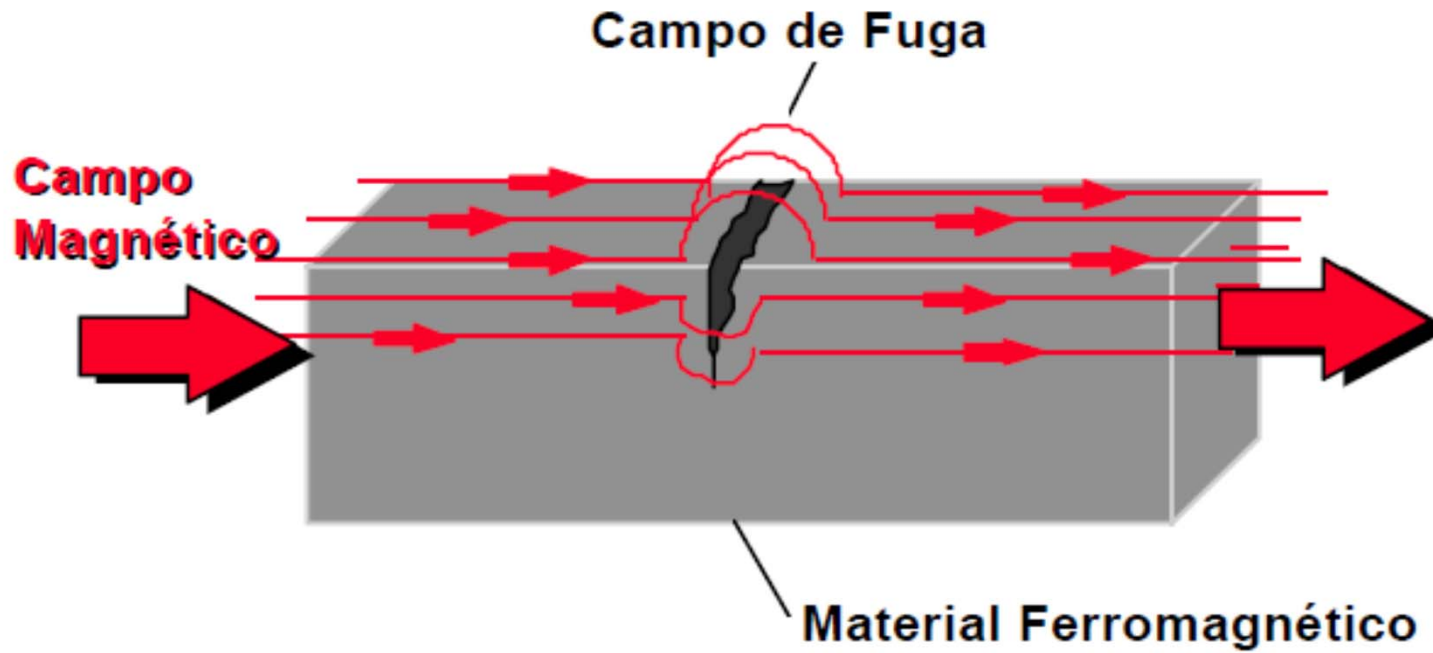
# MEDIDORES DE ESPESSURA POR ULTRASSOM



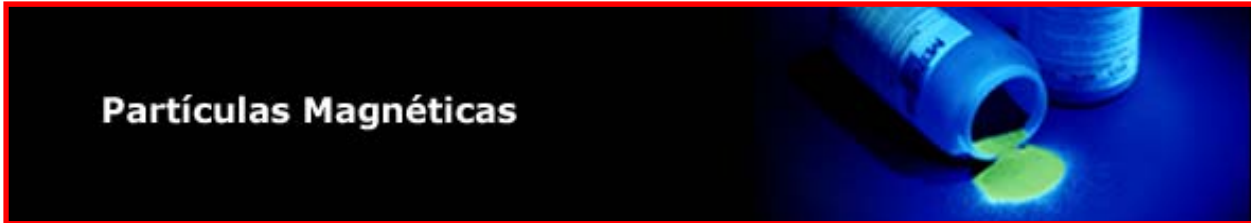


# Partículas Magnéticas

# PARTÍCULAS MAGNÉTICAS "MAGNAFLUX"

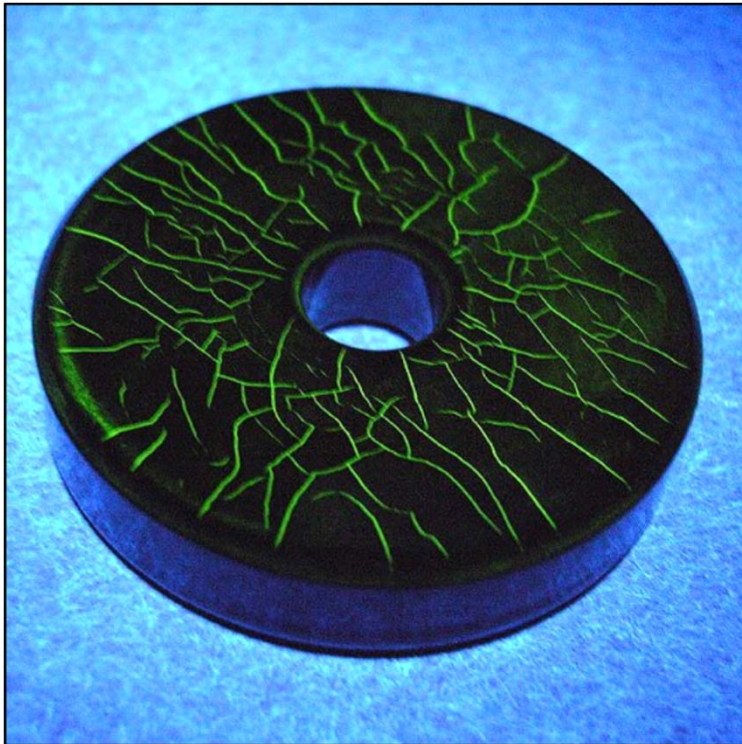


Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



Partículas Magnéticas

# PARTÍCULAS MAGNÉTICAS FLUORESCENTE



**Figure 4.** An Inspector Performing a Magnetic Particle Inspection of a Component.

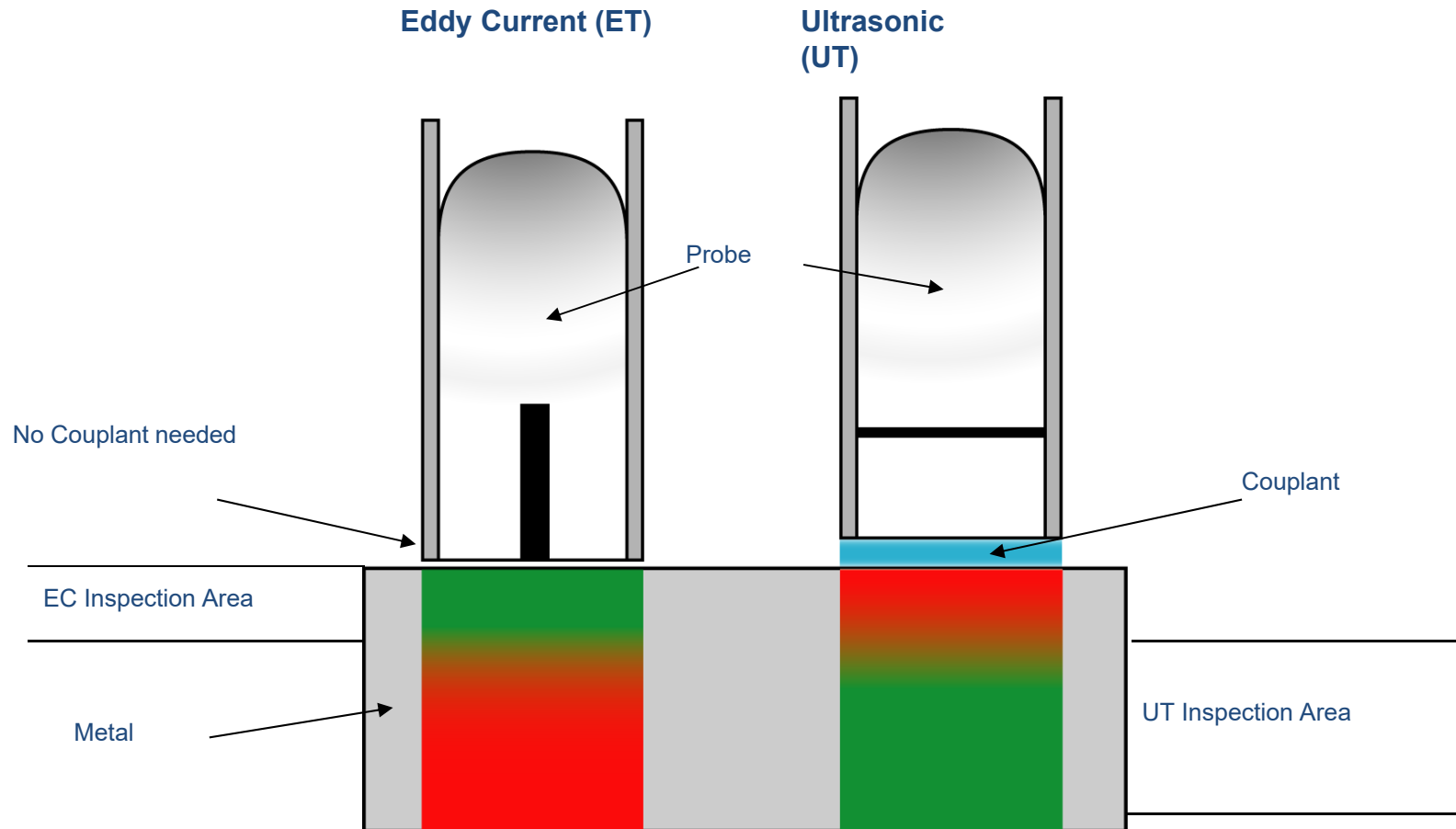
**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**



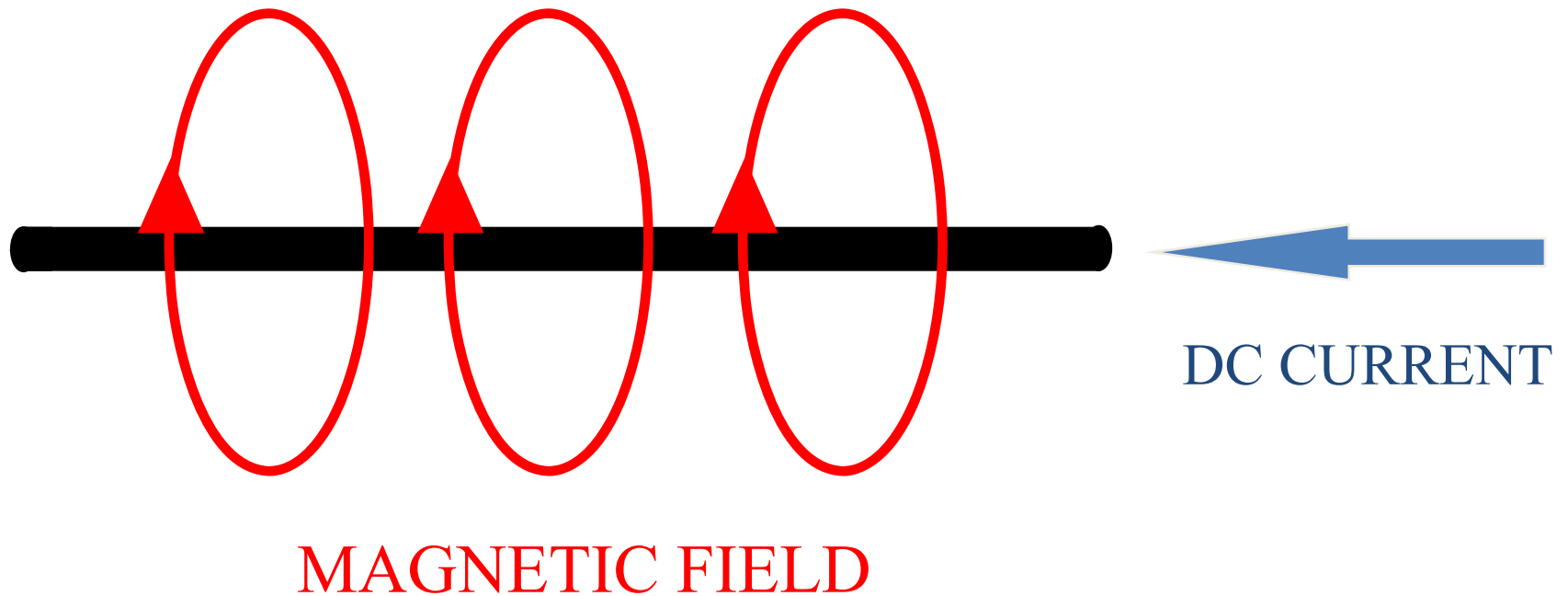
# Correntes Parasitas

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

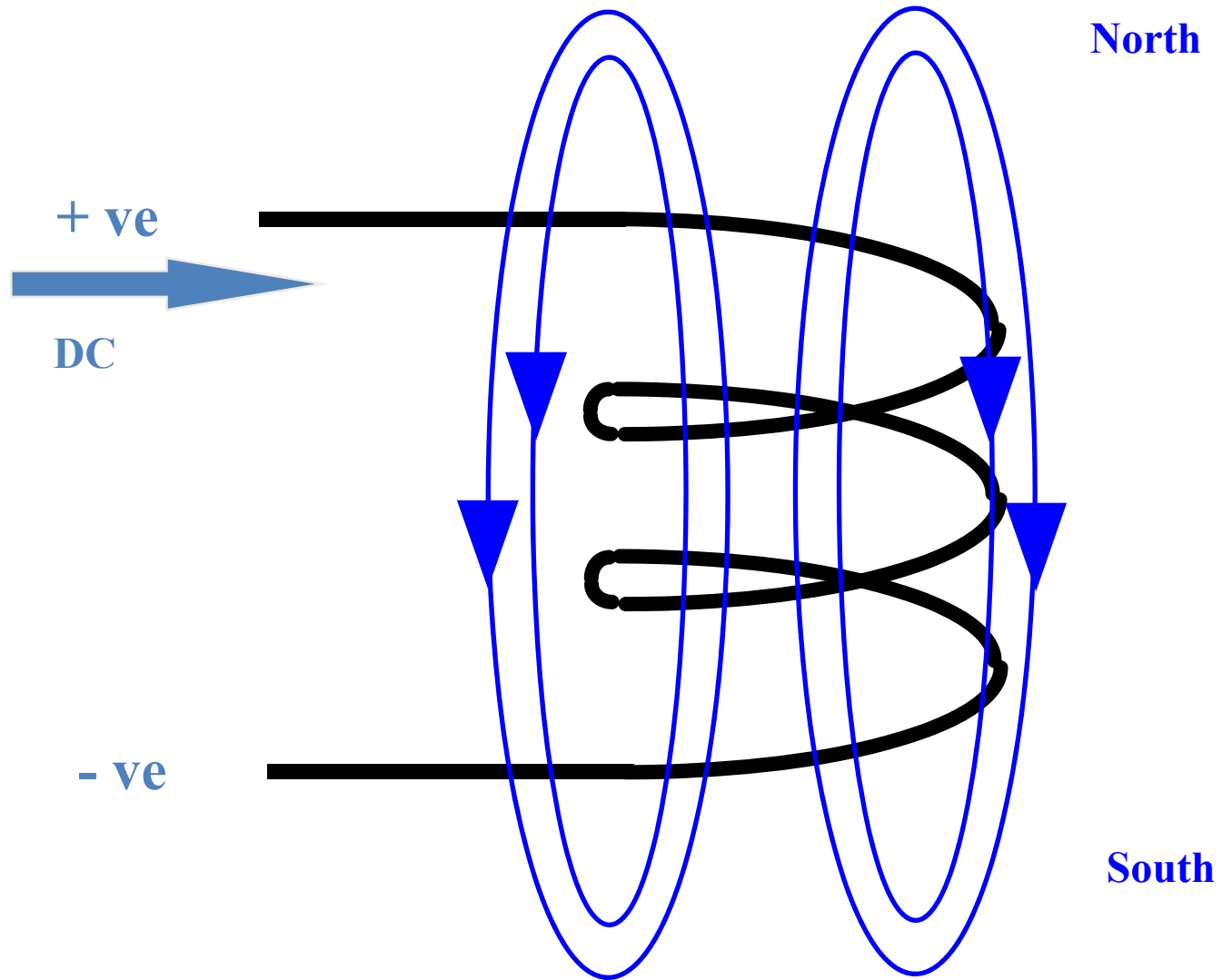
# CORRENTES PARASITAS ( EDDY CURRENT) e Ultrassom



# Magnetic Effect of an Electrical Current

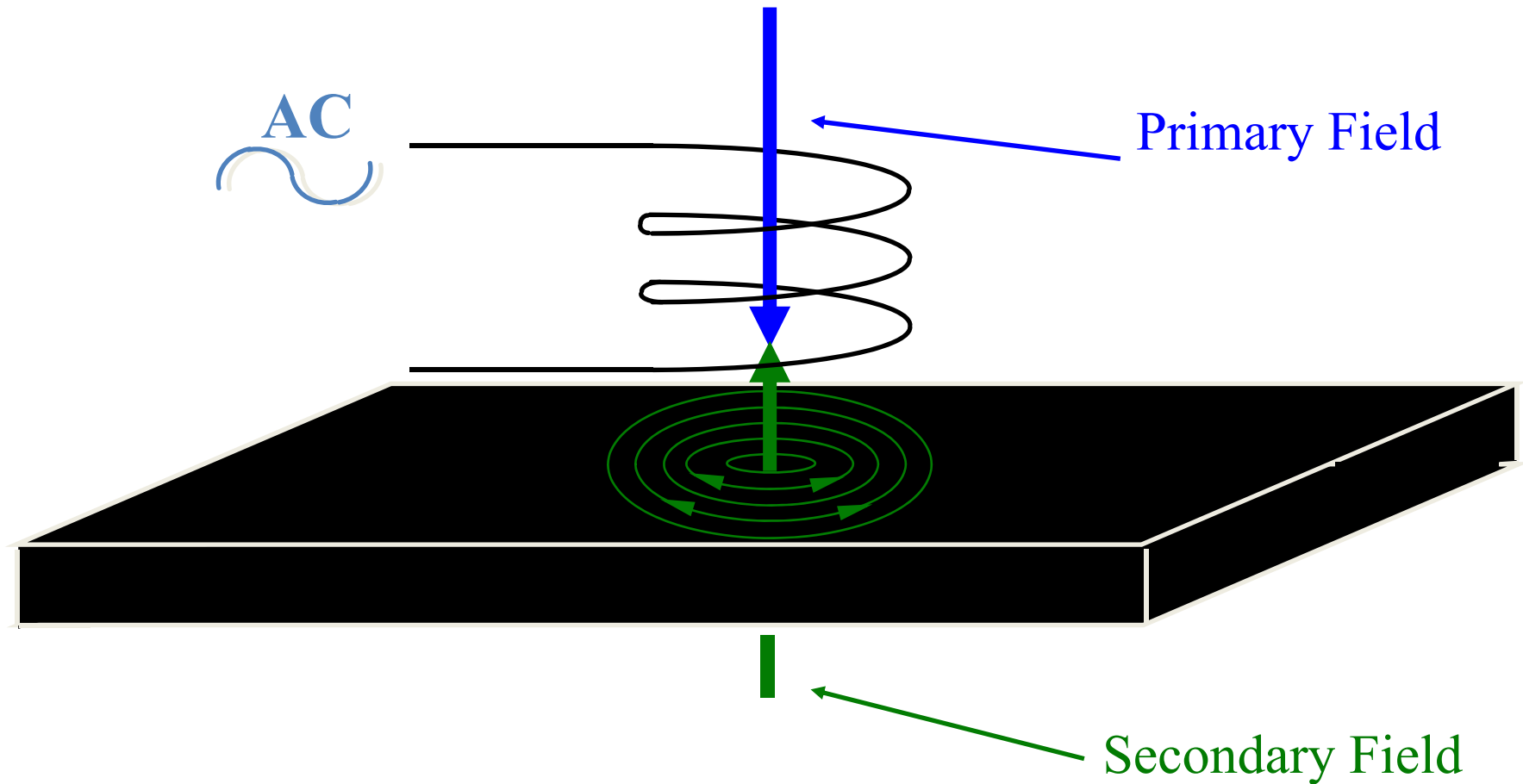


# Magnetic Field of a Coil

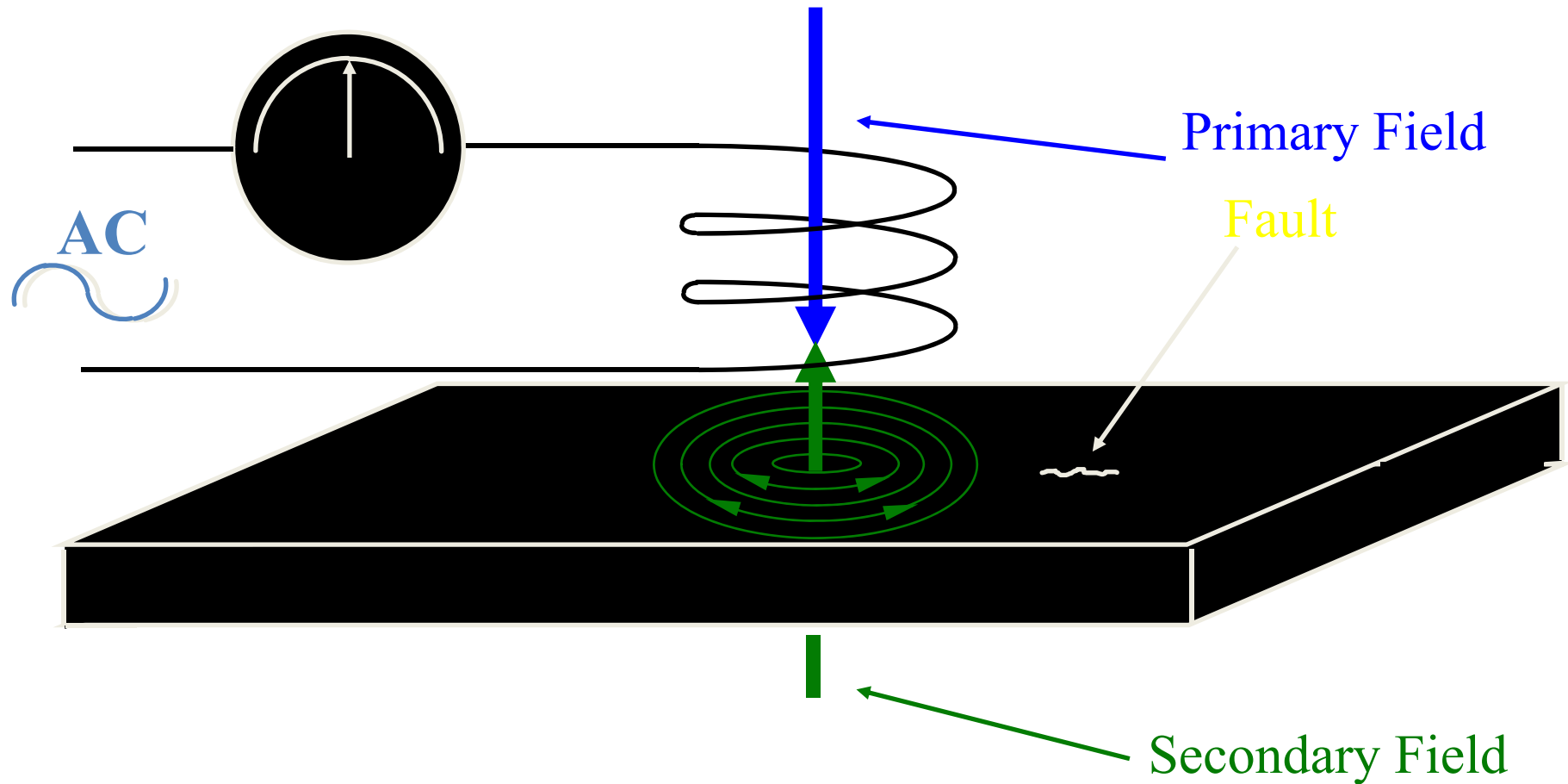




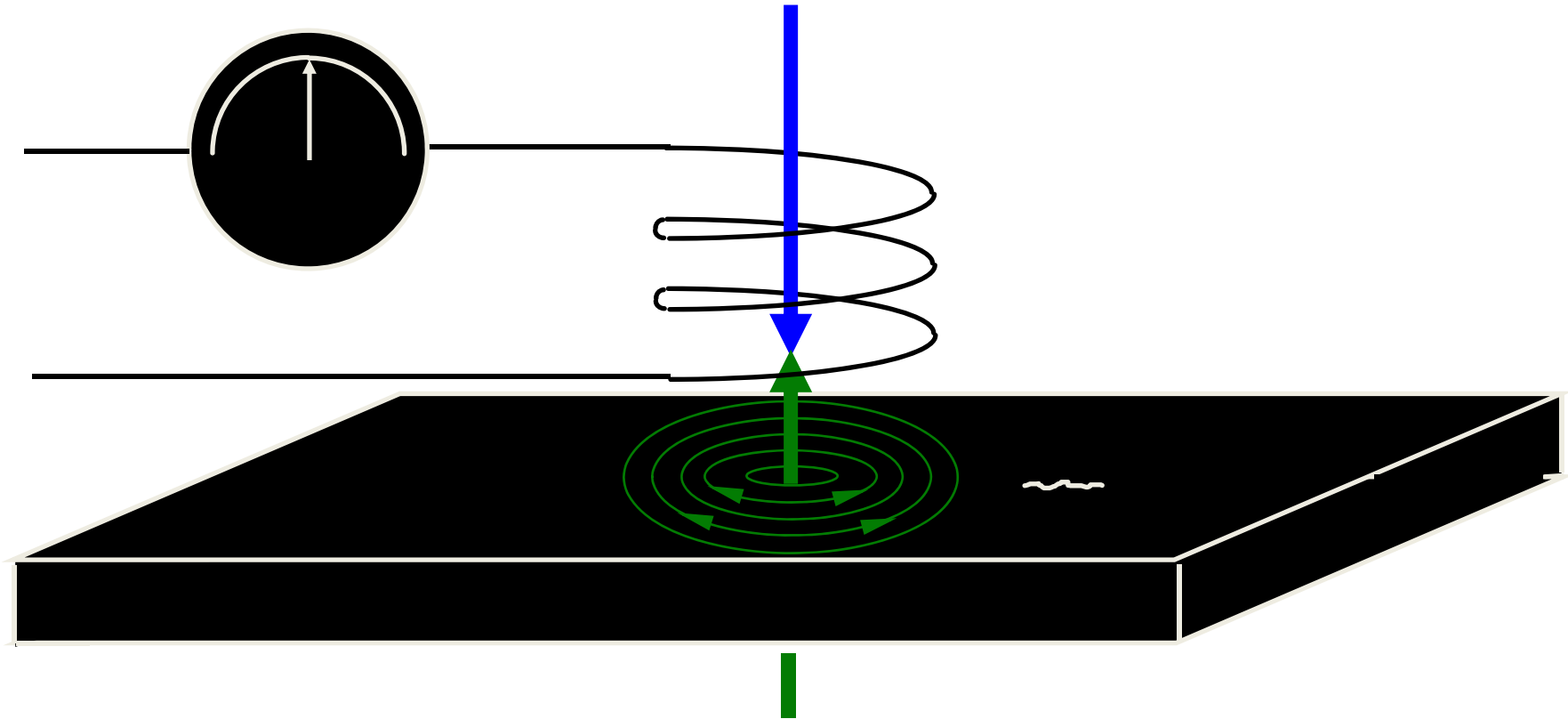
# How Eddy Currents are Induced



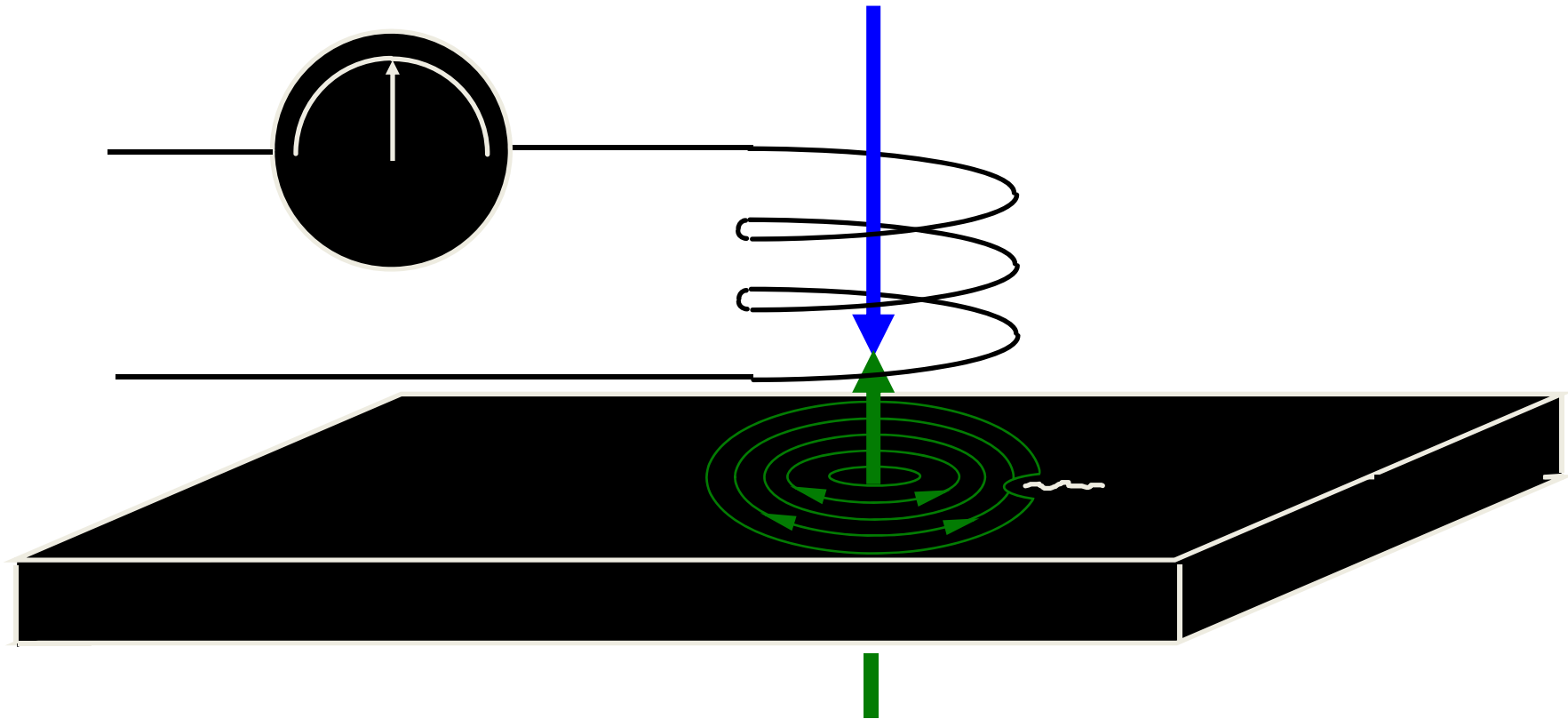
# Eddy Current Flaw Detection :-



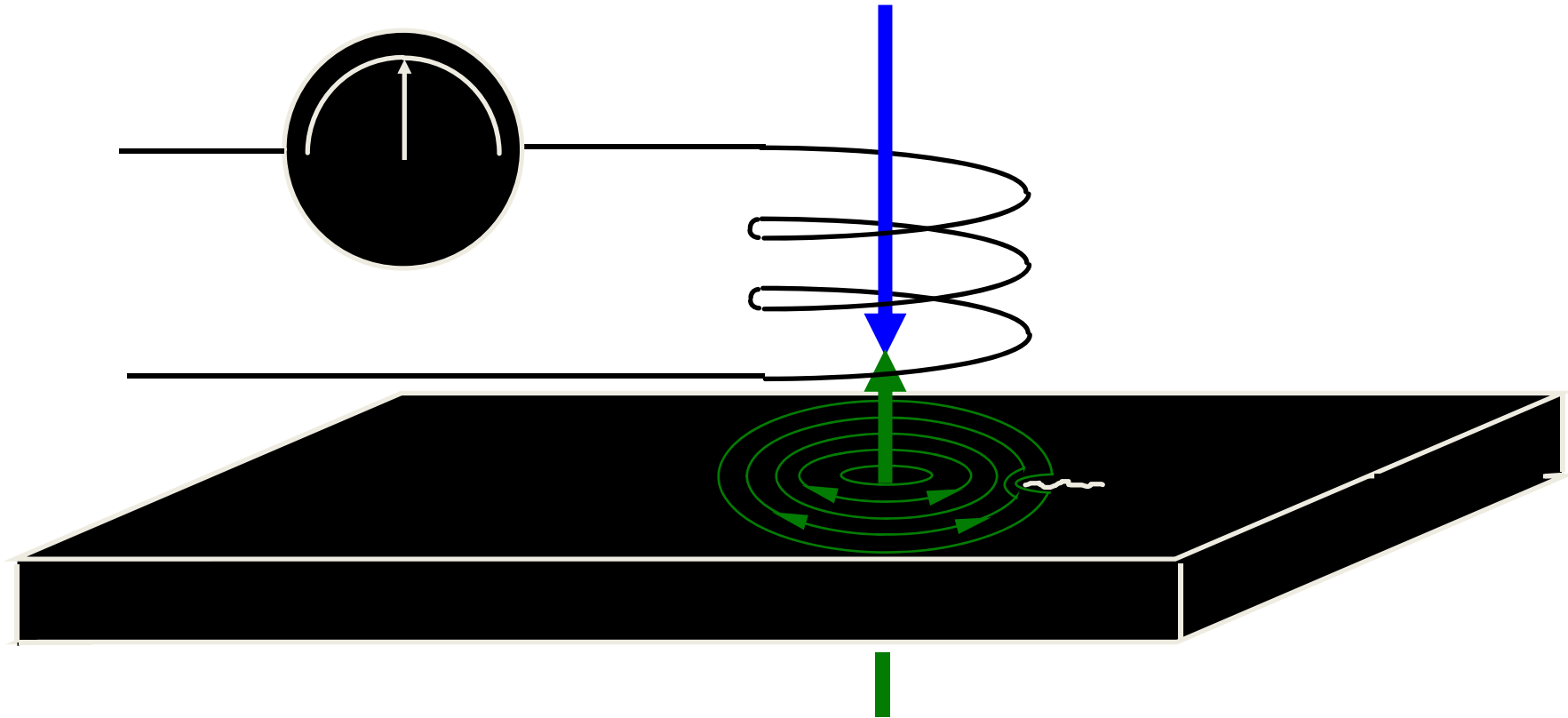
# Eddy Current Flaw Detection :-



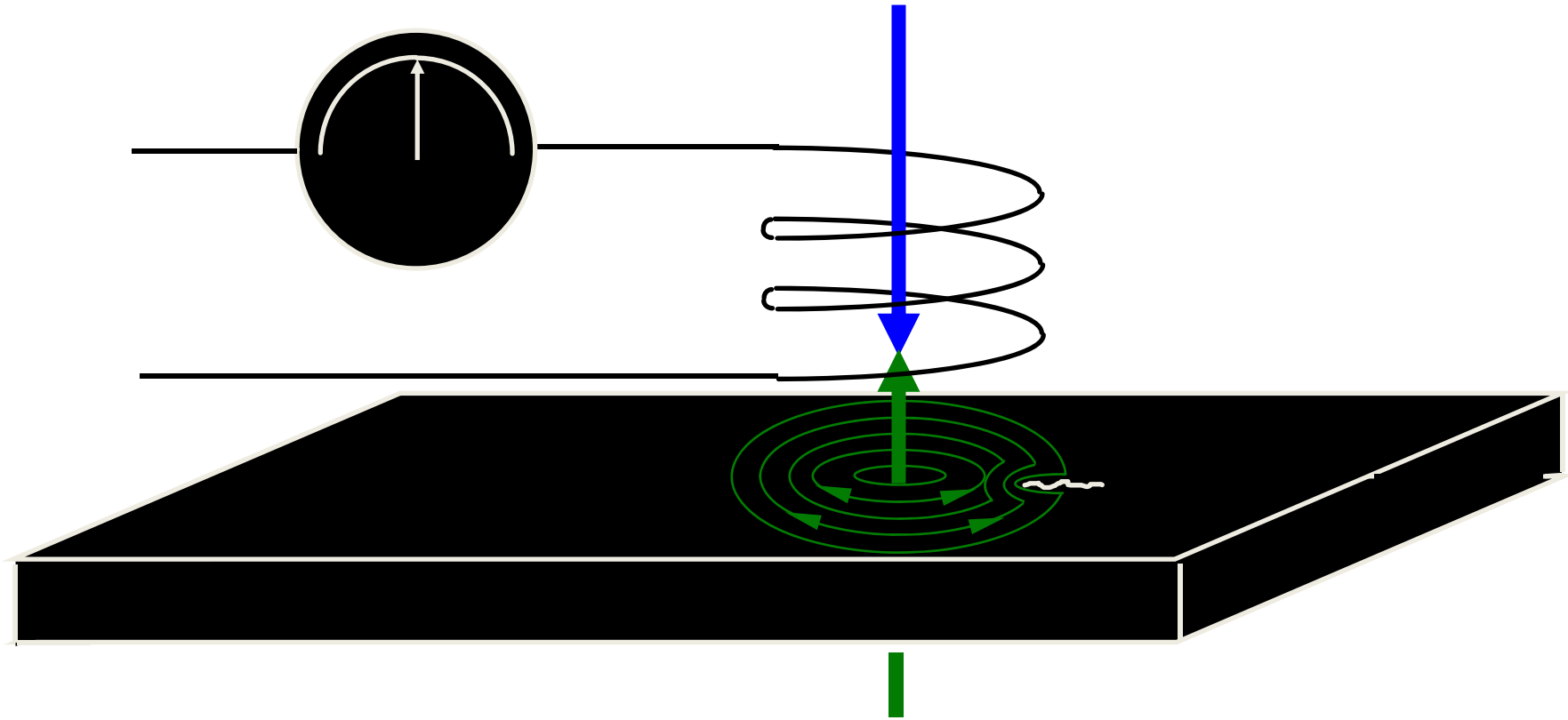
# Eddy Current Flaw Detection :-



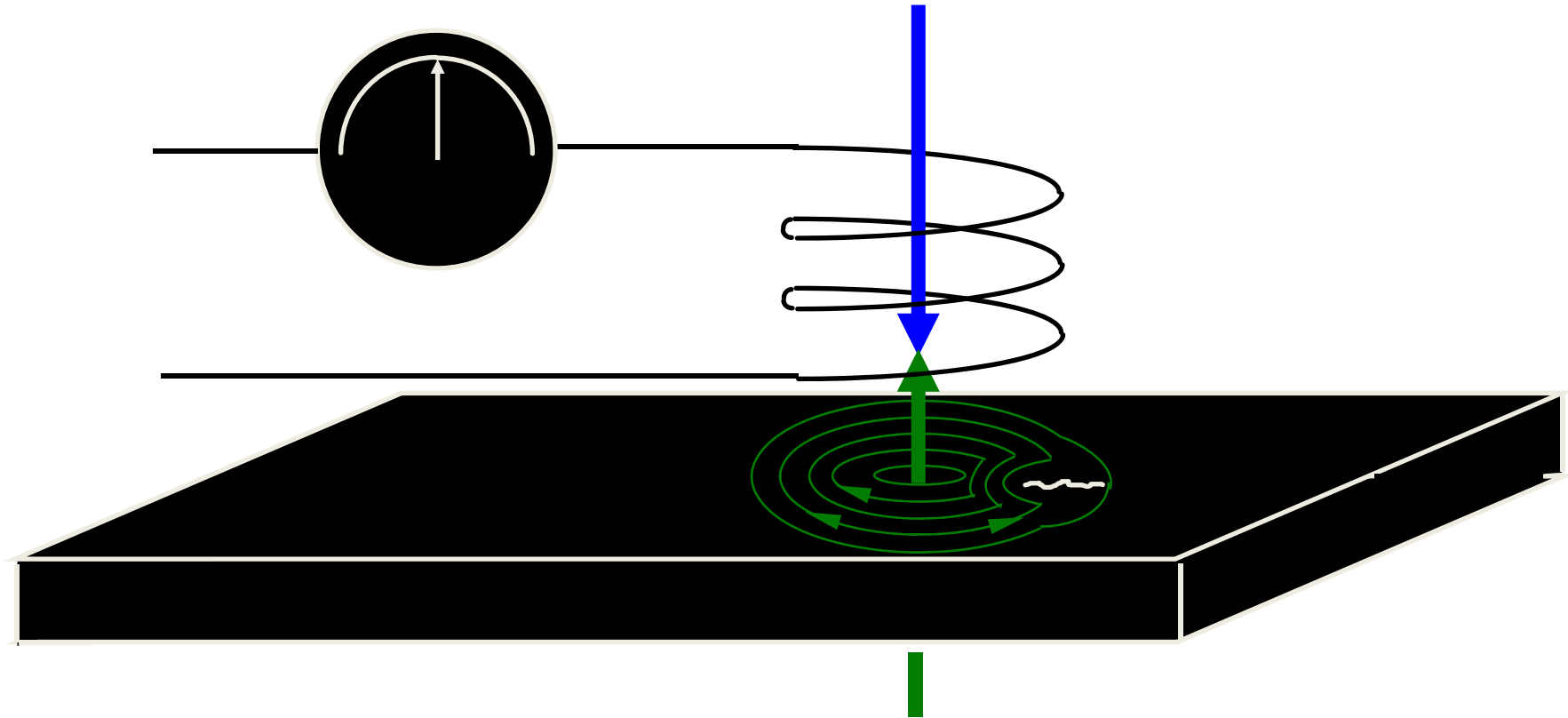
# Eddy Current Flaw Detection :-



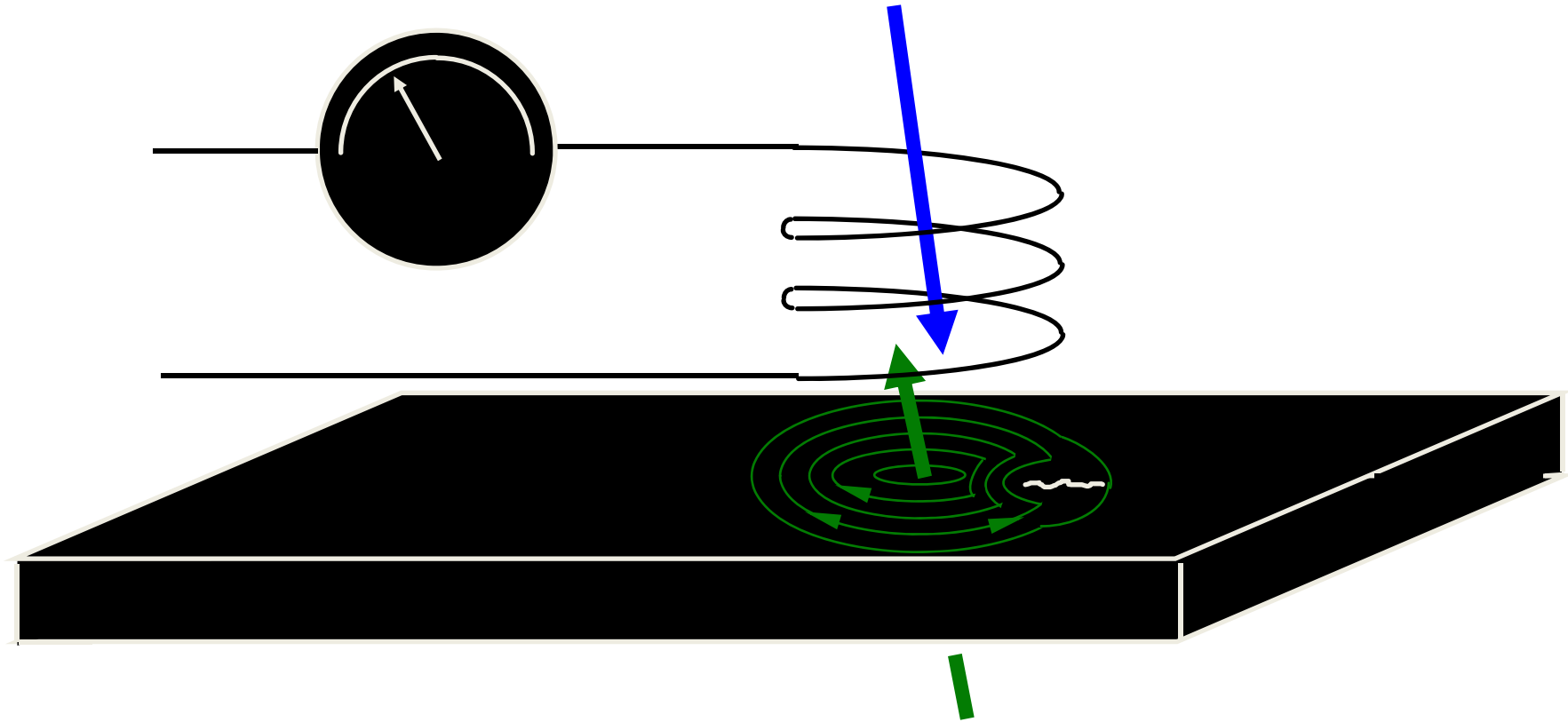
# Eddy Current Flaw Detection :-



# Eddy Current Flaw Detection :-

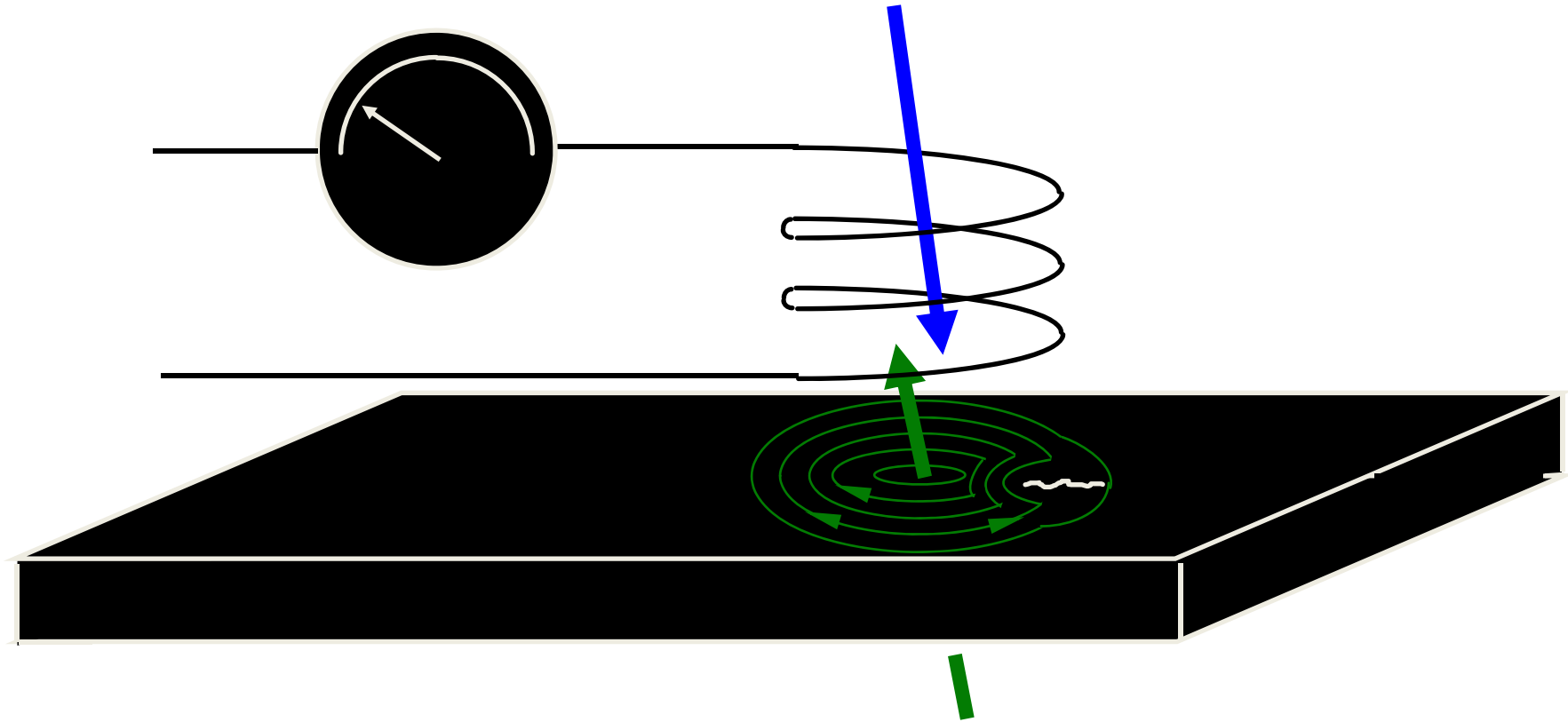


# Eddy Current Flaw Detection :-

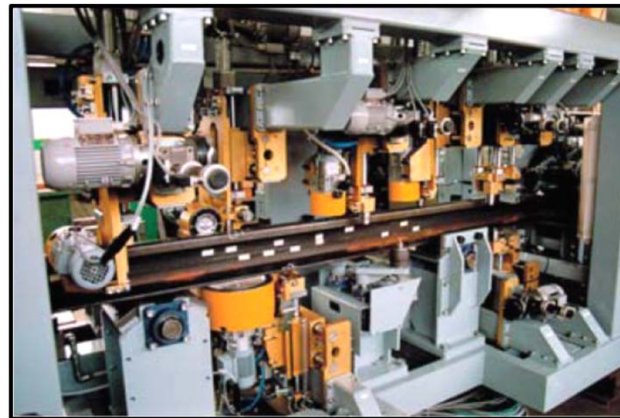
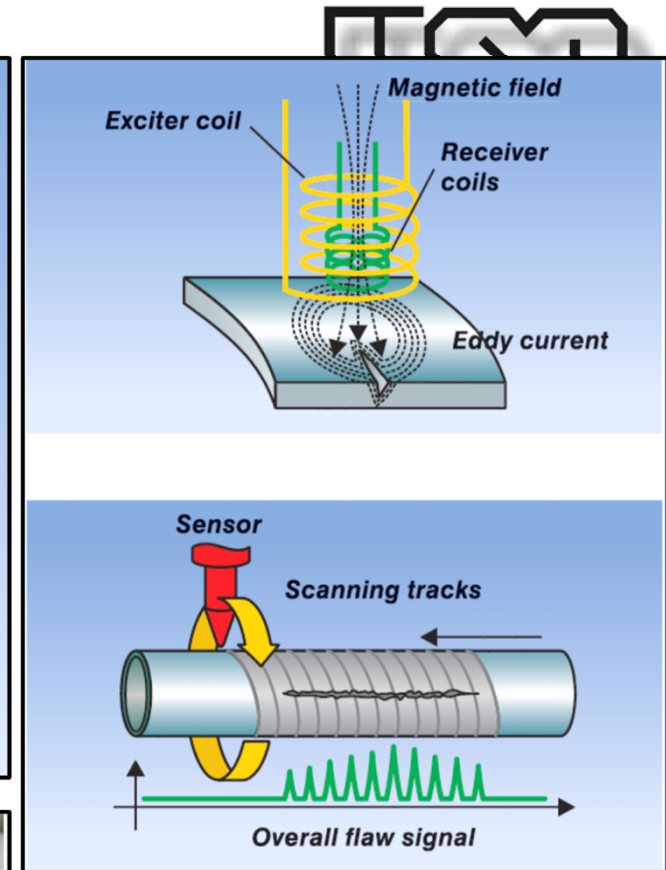
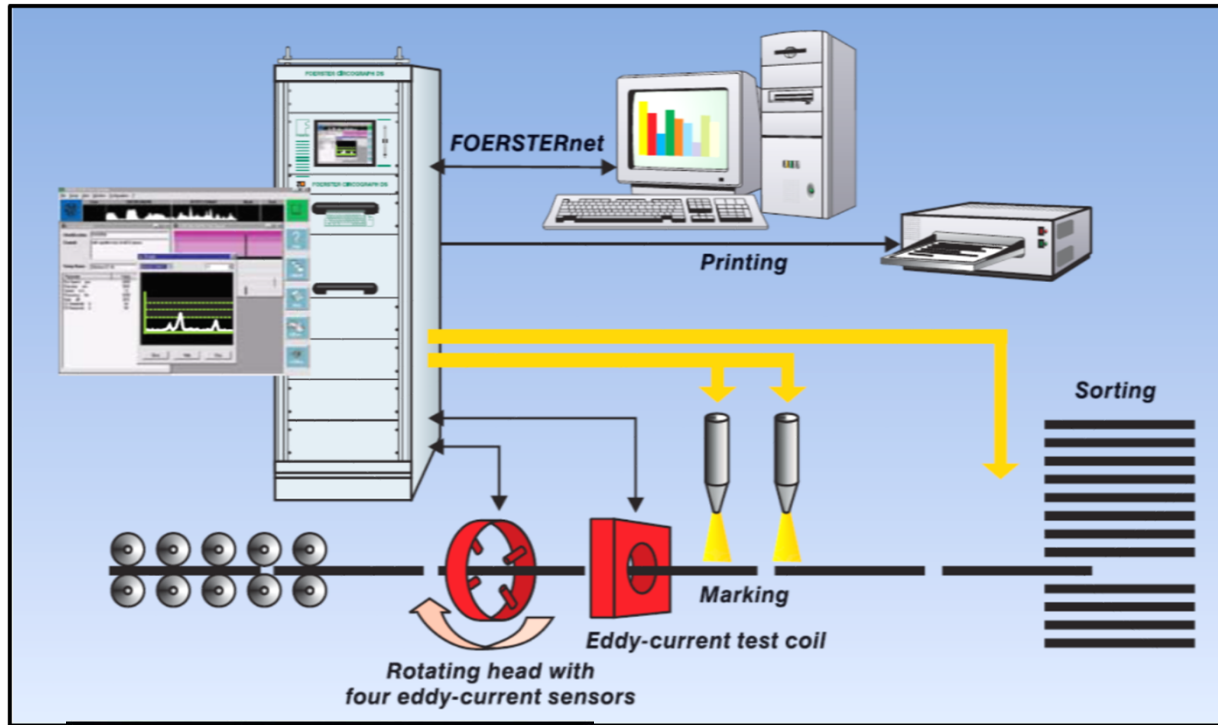




# Eddy Current Flaw Detection :-



# Circograph- Eddy current



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

# Principais Cabeçotes de Corrente Parasita

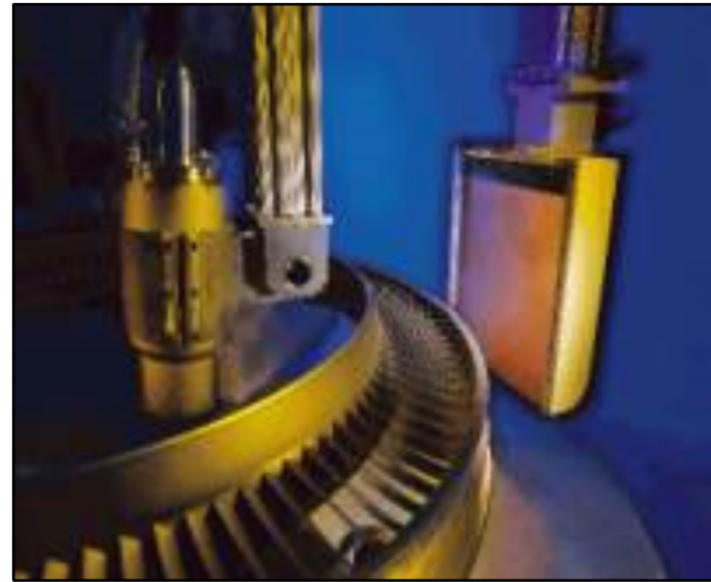
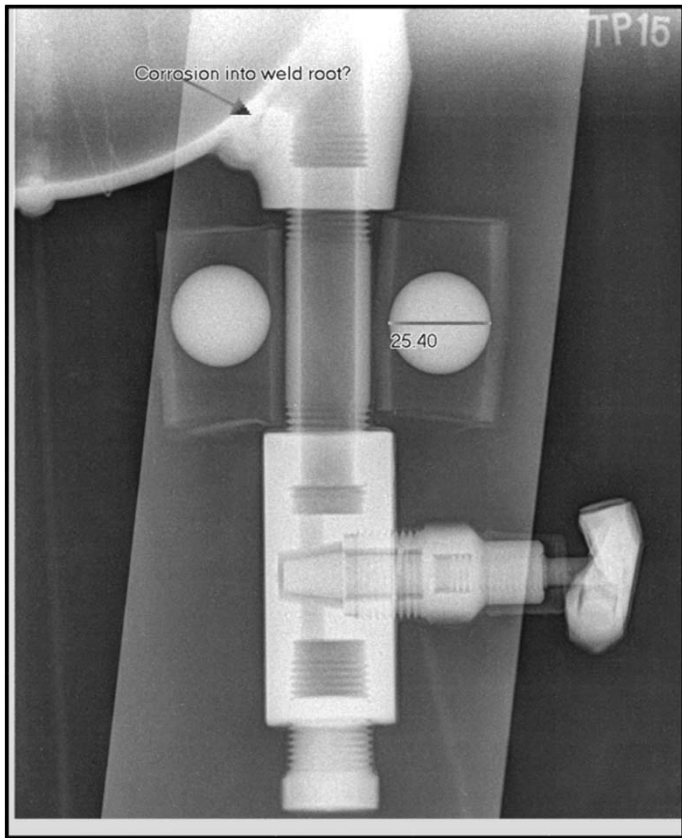


# Aplicações em Inspeção

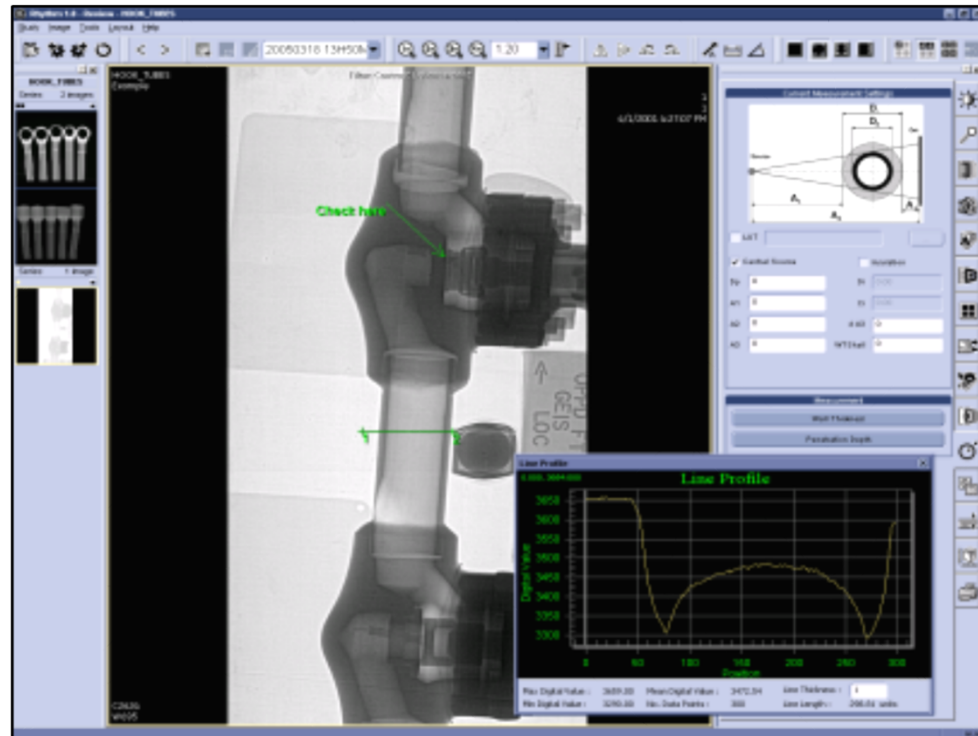
Uma das maiores vantagens do uso de correntes parasitas em END é a variedade de inspeções e aplicações que pode ser realizado. Os seguintes slides demonstram estas capacidades.



# Radiografia



# RADIOGRAFIA INDUSTRIAL



# Radiografia computadorizada

## Storage Phosphor Scanner Systems

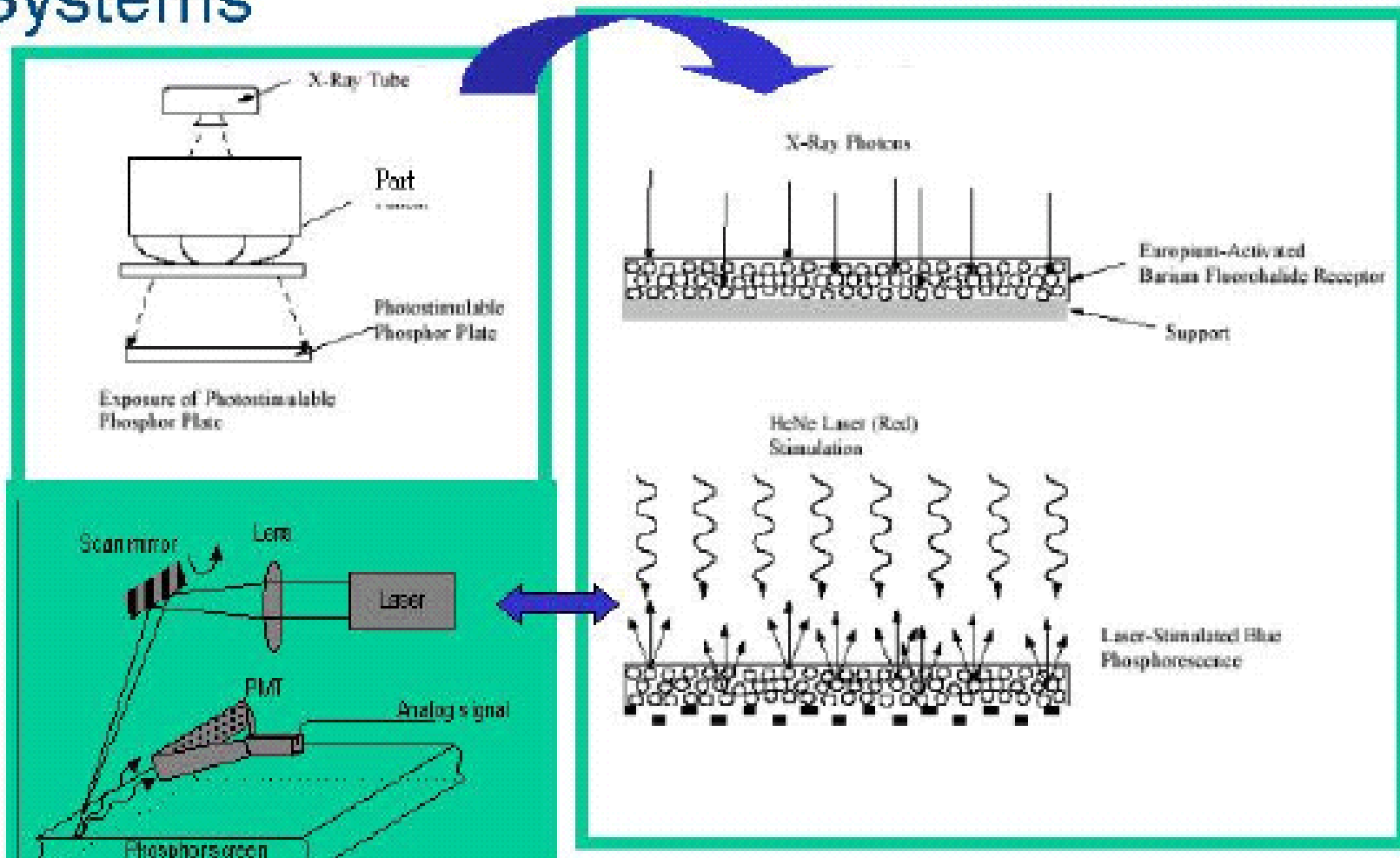
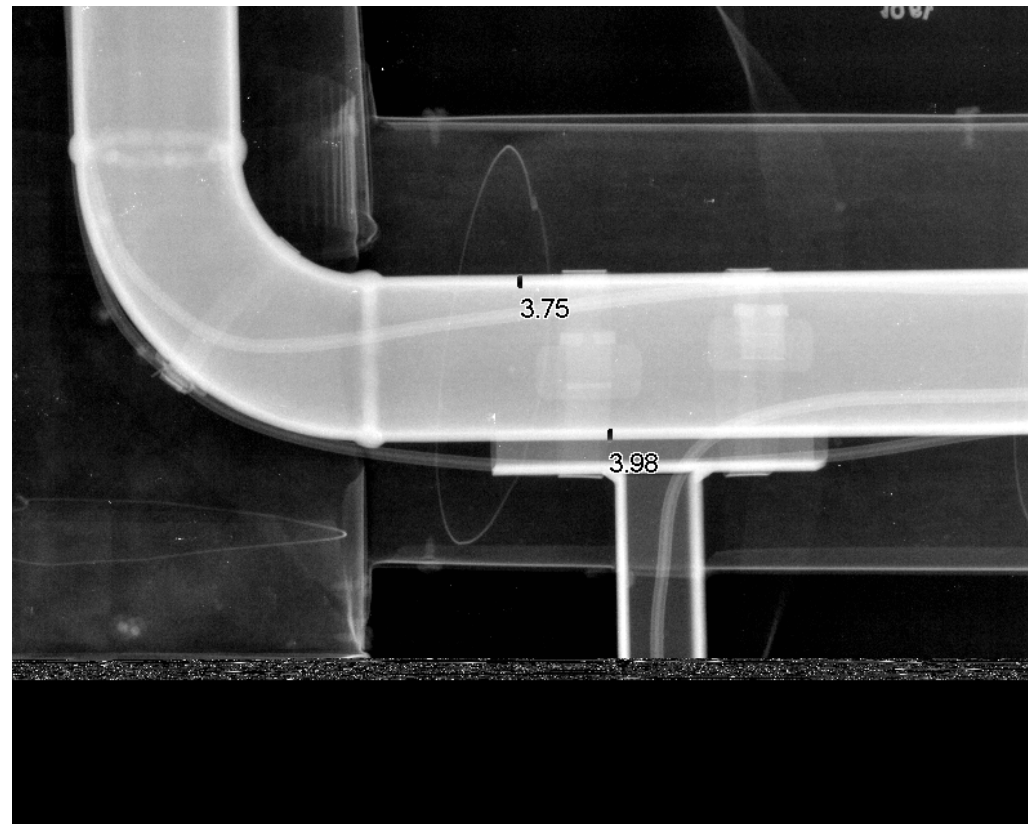
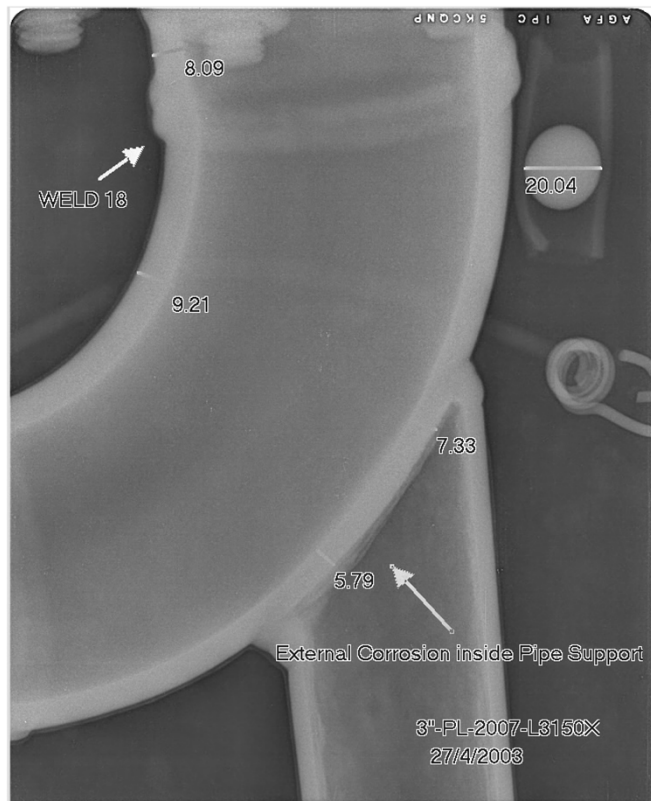


Figura 19- Fenomenologia da Radiografia Computadorizada.

# Dimensionamento de corrosão interna em dutos.





# TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Figure A.2. The electromagnetic spectrum.

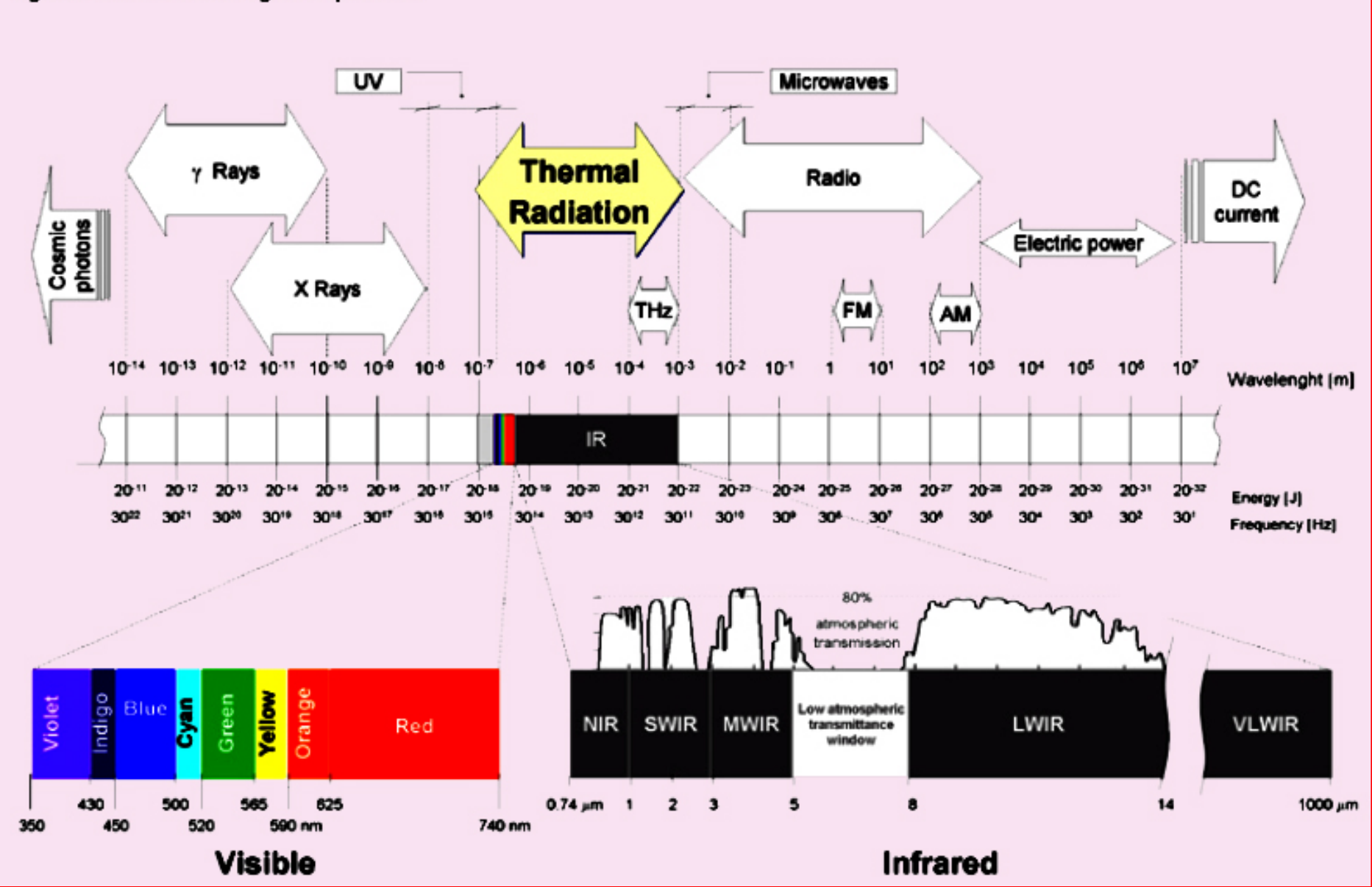


Figure A.4. Energy balance in a semitransparent medium.

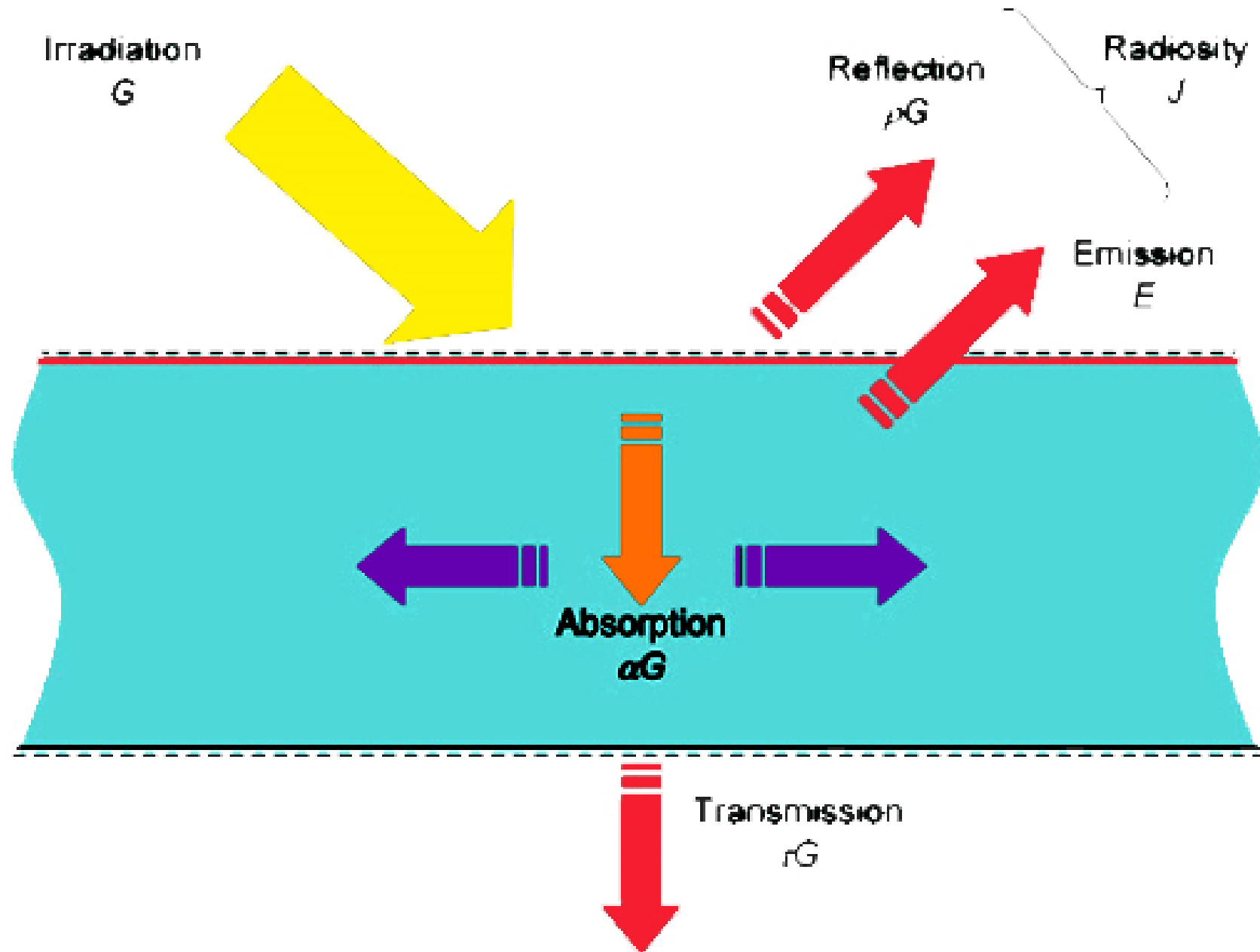
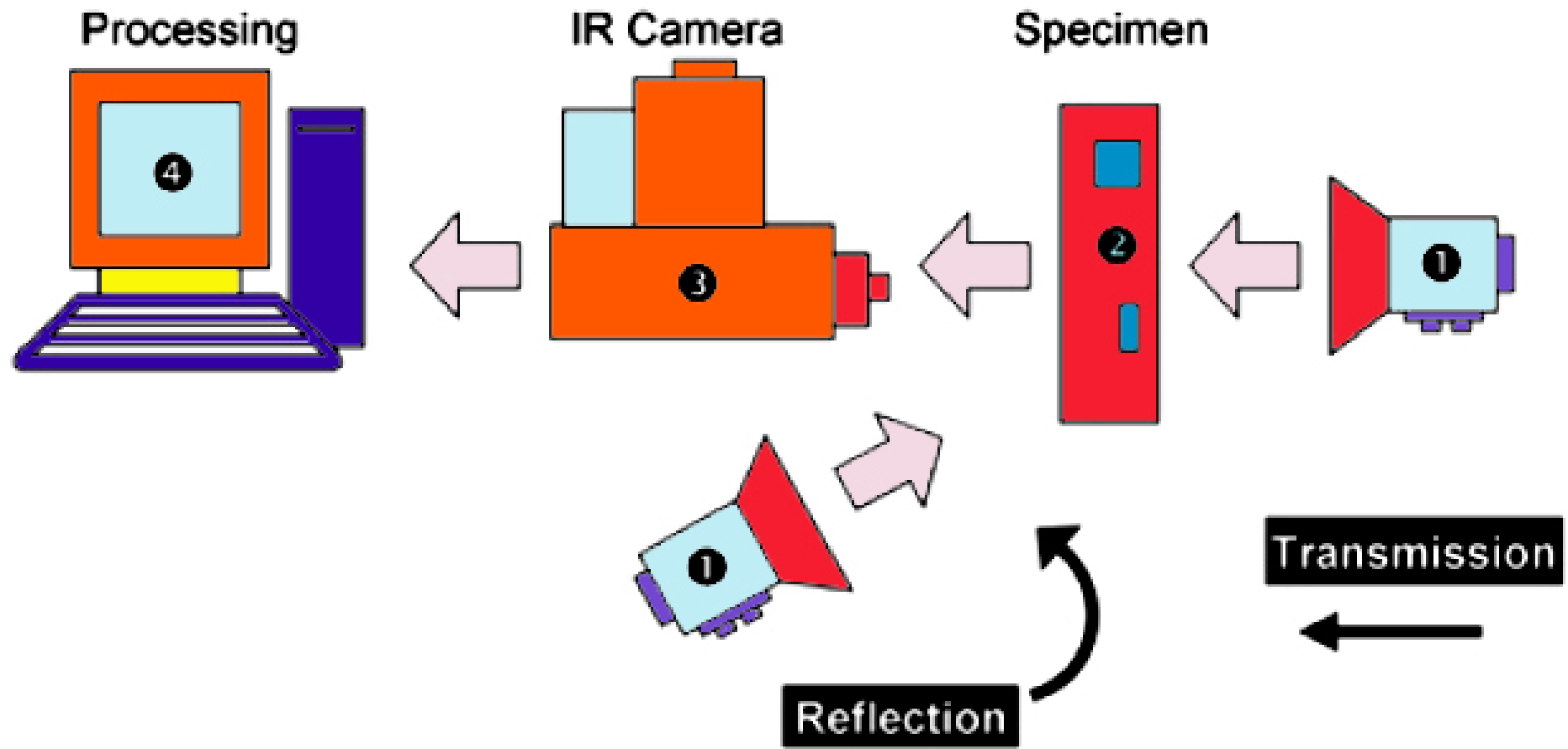
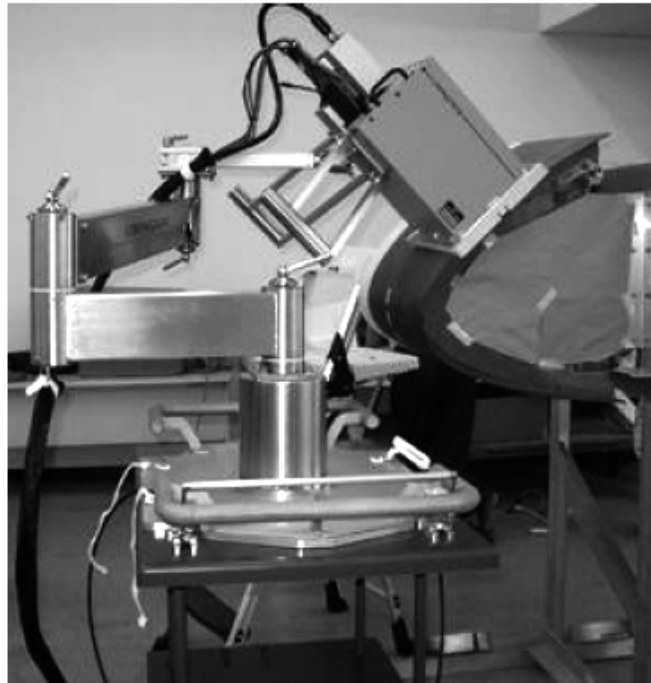


Figure •1.3. Experimental configuration in active thermography in reflection and transmission:



① Heat source, ② specimen, ③ IR camera, and ④ PC for data display, recording and processing.



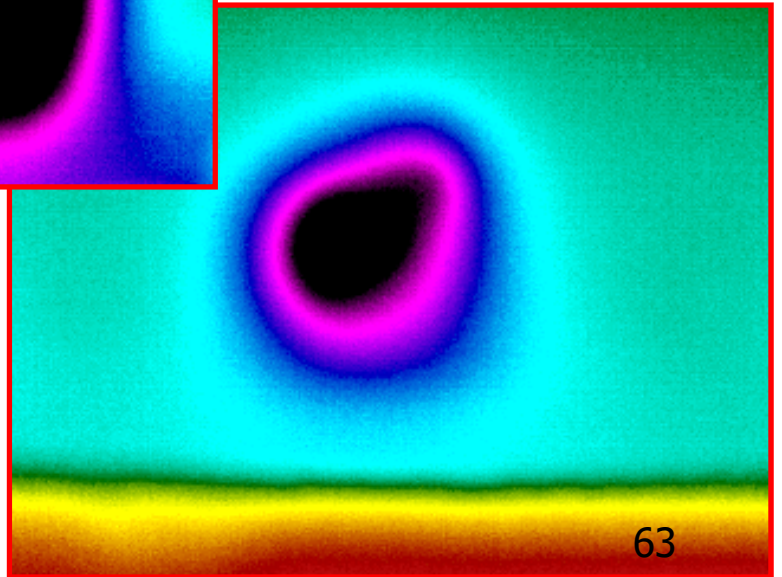
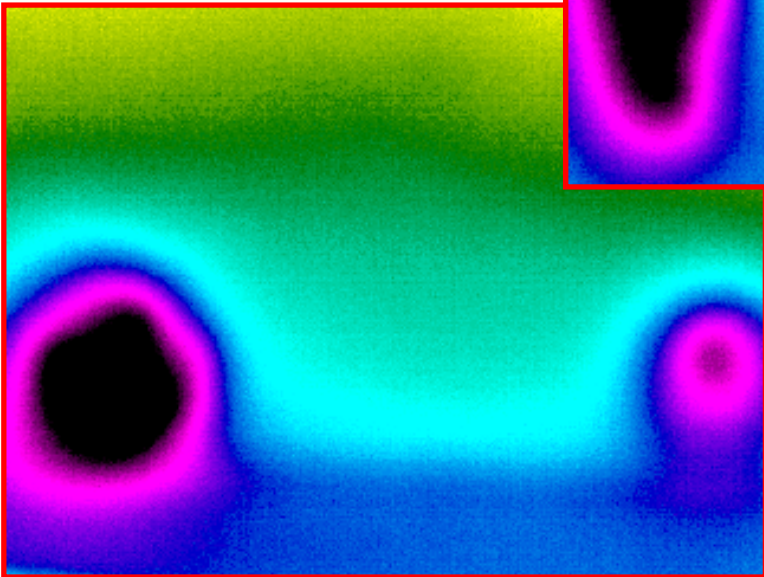
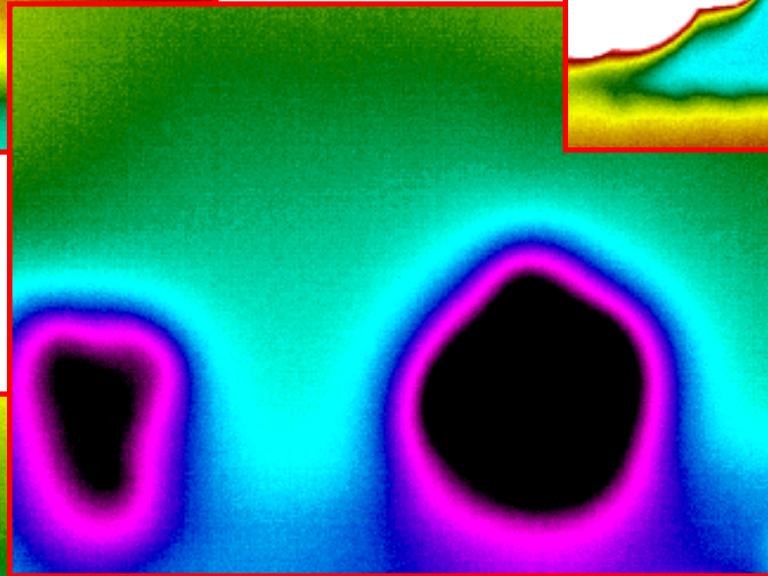
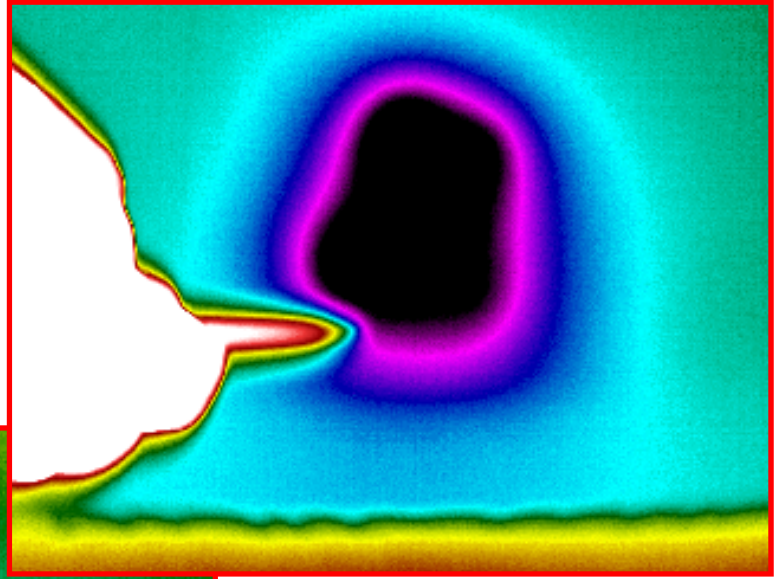
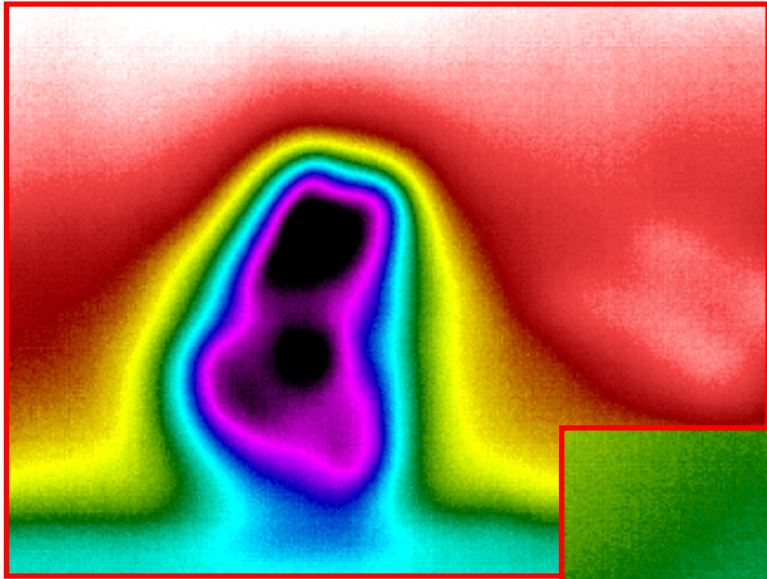
(a)

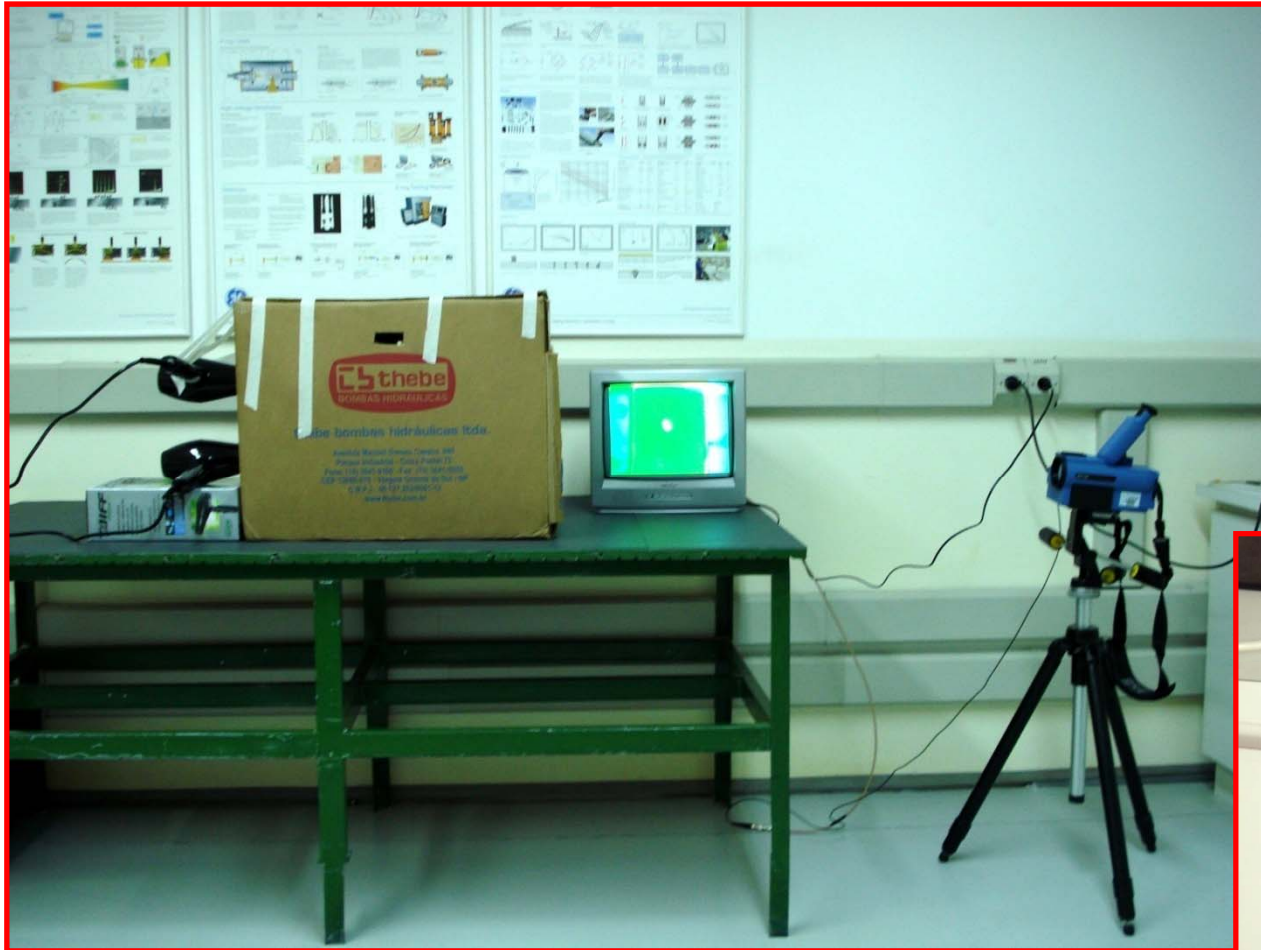


(b)

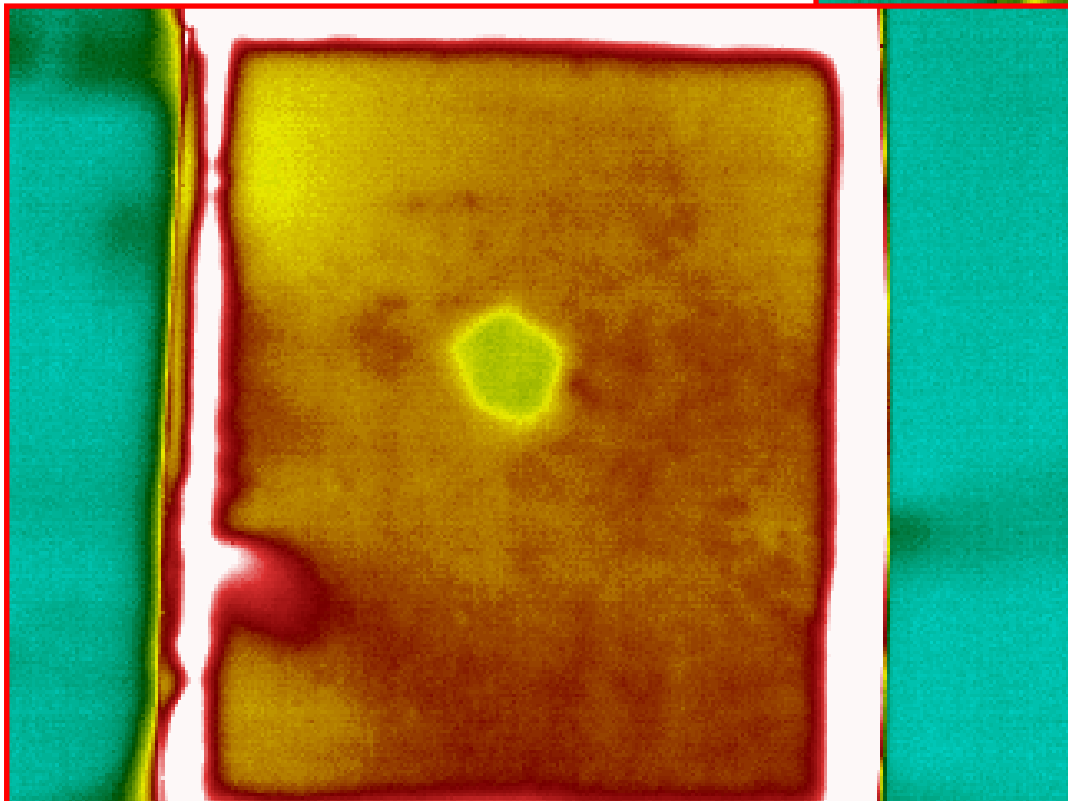
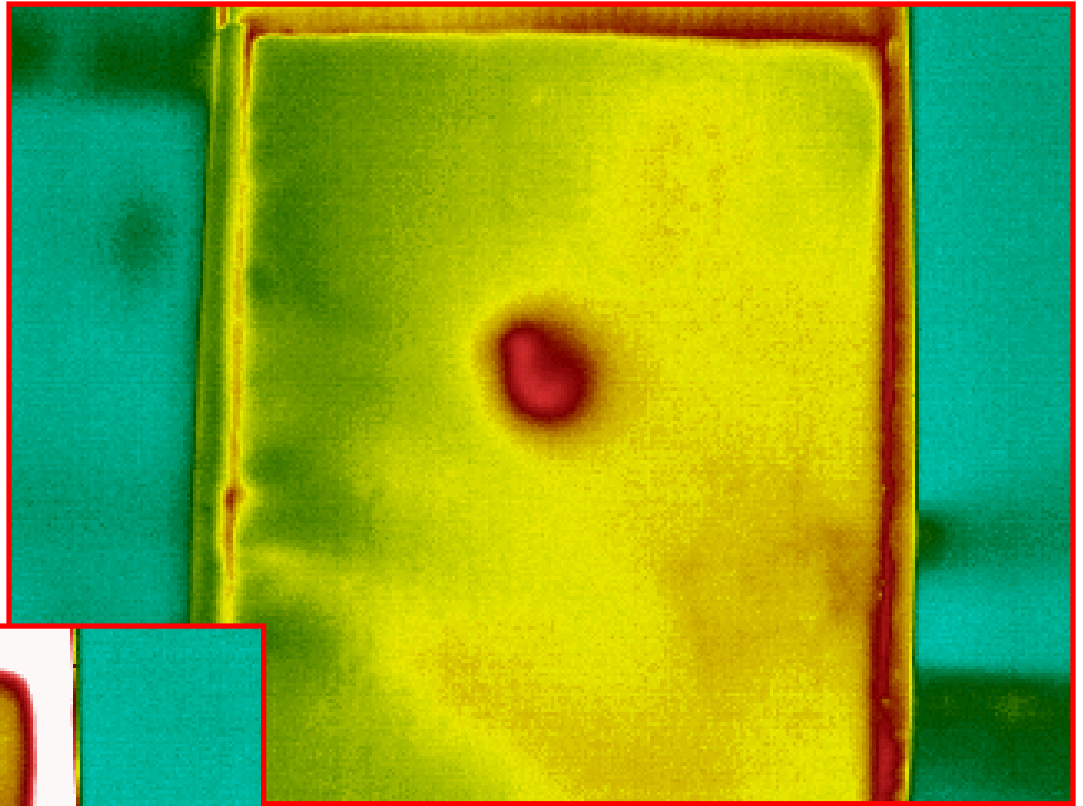
**Figure 7** – Photographs of both the (a) “straight” and the (b) “right angle” hoods performing the validation inspection on RCC wing leading edge Panel 11L.



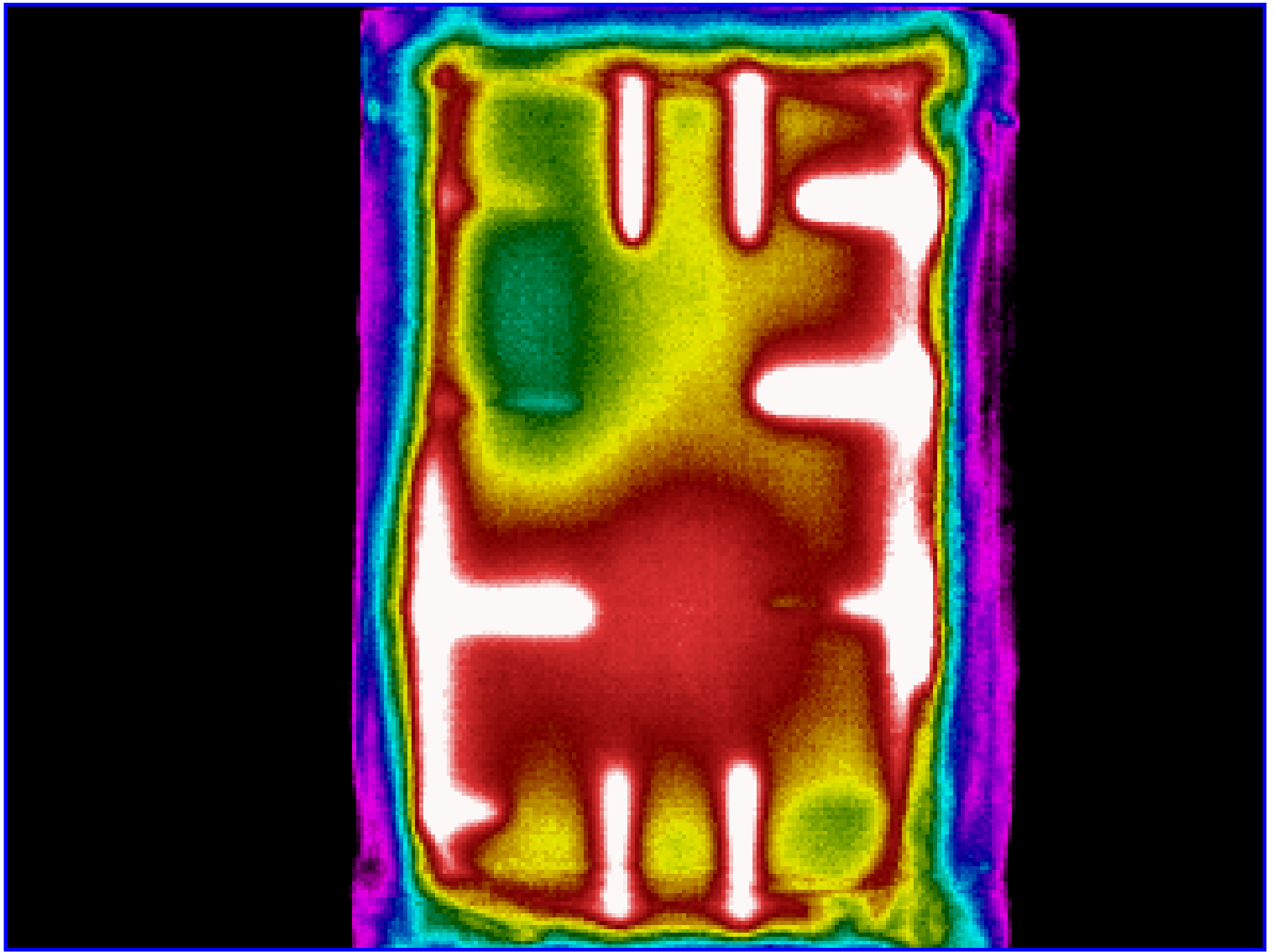














**FIM**

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**