



Congresso Internacional de
Corrosão, Integridade,
Pintura e Revestimentos
Anticorrosivos



Inspeção de revestimentos para detecção de corrosão. Novos desenvolvimentos da academia assistidos por simulação computacional.

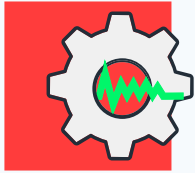
Gabriela Ribeiro Pereira (LNDC/COPPE/UFRJ)

Histórico do LNDC

No início dos anos 2000 estabeleceu-se a parceria entre Petrobras e UFRJ para construção do LNDC. Inaugurado em 2009 sob coordenação do Prof. João Marcos Rebello e o Prof. Oscar Rosa Mattos.



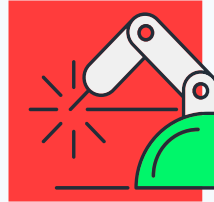
Quem somos



Ensaio Não-Destrutivo



Corrosão




Soldagem


8000 m²
de área
construída


+\$ 1mi
Orçamento anual


4
professores
responsáveis


+25
Estudantes de
graduação a
doutorado

Revestimento – Profa Isabel Margarit-Mattos



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO

METALMAT
ENGENHARIA METALÚRGICA E DE
MATERIAIS | COPPE / POLI - UFRJ



LABORATÓRIO DE ENSAIOS
NÃO-DESTRUTIVOS,
CORROSÃO E SOLDAGEM




+15
Colaboradores entre
Pesquisadores e técnicos
contratados

Quem somos



Prof. Gabriela Pereira
Coordenadora END
Física, D.Sc. - Membro da ABC



MARCELLA GROSSO
Eng. Metalúrgica, M.Sc.
Termografia e UT



MARIANA BURROWES
Eng. Civil, M.Sc.
UT e Análise de Confiabilidade



LUCAS BRAGA
Eng. Mecânico,
Ensaios Magnéticos



VITOR MANOEL
Eng. Materiais, M.Sc.
Correntes parasitas e UT



IANE SOARES
Engenheira Mecânica, M.Sc.
Ensaios Magnéticos e UT



Prof. Cesar Camerini
Professor - END
Eng. Mecatrônico, D.Sc.



LUCAS MACIEL
Técnico em Mecânica
Fabricação e montagem



CAIO DE SOUZA
Técnico em Mecânica
Fabricação e montagem

Tecnologias disponíveis



Ensaaios Convencionais

- ★ Inspeção Visual
- ★ Líquidos Penetrantes
- ★ Partículas Magnéticas



Termografia

- ★ Termografia Ativa Pulsada
- ★ Termografia Ativa de Fase Pulsada
- ★ Termografia Lockin



Técnicas Eletromagnéticas

- ★ Correntes Parasitas Convencional
- ★ Correntes Parasitas Array
- ★ SLOFEC
- ★ ACFM



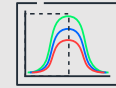
Ultrassom

- ★ Ultrassom Convencional
- ★ ToFD
- ★ Phased Array



Caracterização Metalúrgica e Magnética

- ★ AFM e KPFM
- ★ Magneto-óptico e efeito Kerr
- ★ Magnetômetro de Amostra Vibrante
- ★ MO, perfilômetro e MEV



Estudos Estatísticos & Análise de dados

- ★ Estudo de Confiabilidade por curvas PoD
- ★ Simulação de curvas PoD
- ★ Reconhecimento de padrões em sinais
- ★ Planejamento de Experimentos

Nossos Parceiros



Revestimentos Anticorrosivos

Aplicado em tanques de armazenamento e tubulações

Fácil aplicação

Alta resistência a corrosão



Defeitos



Revestimentos Anticorrosivos



Defeitos

ORIGEM

Escolha do Material (Tinta)

Esquema de Pintura
(Preparação da Superfície)

Envelhecimento em
Serviço

TIPOS

Bolha

Empolamento

Enrugamento

Porosidade

Falha de Aderência

Corrosão Localizada abaixo da
Camada de Revestimento

Impregnação

Importância da **inspeção não destrutiva:**

Na etapa de aplicação, para assegurar a eficiência de aplicação do revestimento na estrutura;

Durante o serviço, para monitorar o desempenho do revestimento e a evolução da sua integridade.

Revestimentos Anticorrosivos

Detecção de Falhas em Revestimentos Anticorrosivos por Ensaios Não Destrutivos



O objetivo deste projeto é avaliar a aplicação de técnicas de **ultrassom, termografia e correntes parasitas** na detecção de falhas de aplicação e falhas decorrentes do processo de deterioração de revestimentos orgânicos anticorrosivos.

Falha de aderência
+

Corrosão localizada
+

**Defeitos provenientes de ensaios
de corrosão em autoclave**

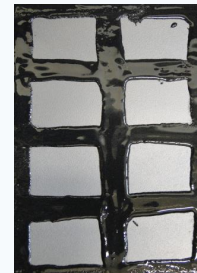
Revestimentos Anticorrosivos

A aplicação dos revestimentos foi feita com um pincel através uma fina camada sobre uma placa de aço carbono (150 mm x 100 mm x 4.7 mm) utilizada como substrato e acima desta camada foi fixada uma película seca do próprio revestimento.

No caso do defeito de falha de aderência, o revestimento foi aplicado modo que ao fixar a película seca não houve aderência nas áreas claras.

Para os corpos de prova com defeitos simulando a corrosão localizada, foram realizados furos, sendo cada furo de diâmetro e profundidade conhecidos a fim de simular diferentes graus de corrosão no aço abaixo da camada de revestimento e, assim, na aplicação do revestimento por pincel, foi evitado à área dos furos.

Em alguns dos corpos de prova simulando a corrosão localizada, a região dos furos foi preenchida com produto de corrosão.

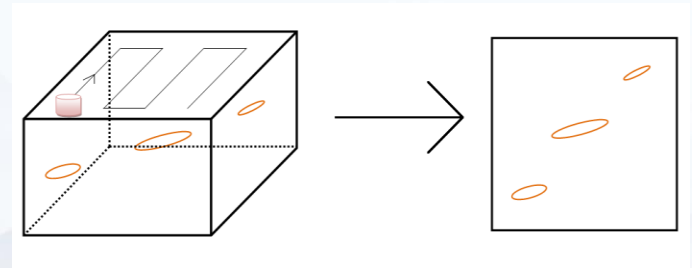
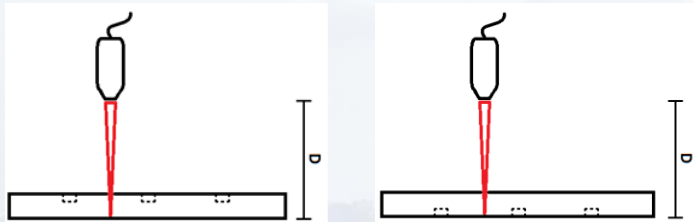
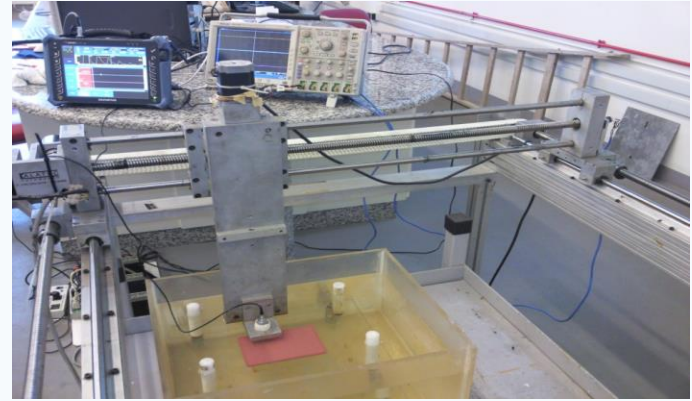
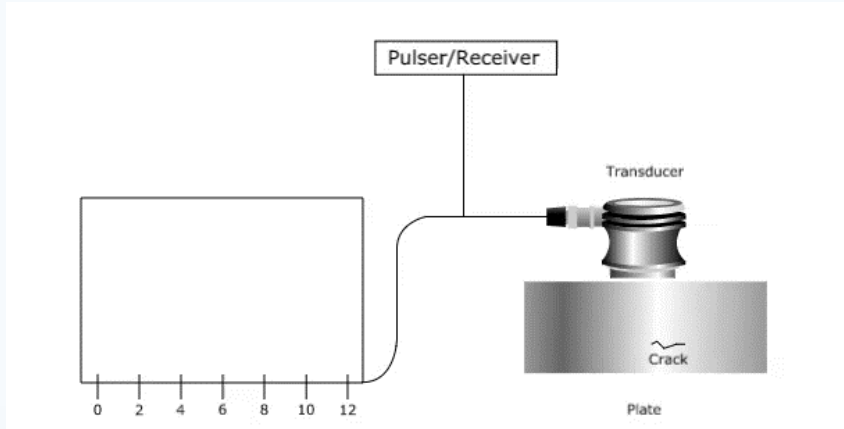


Revestimentos Anticorrosivos

Nomenclatura / Revestimento	Composição	Indicação de uso	Preparo da superfície e aplicação	Espessura e cura
A	Revestimento com resina epóxi novolac reforçado com carga de flocos de vidro	Pintura de separadores de óleo/água, trocadores de calor, condensadores, evaporadores e bombas de água quente	Airless, rolo ou pistola. Jato abrasivo grau Sa ½ e primer RM-40	Esp. total: 240 µm em 3-4 demãos Cura total: 7 dias a 25°C
B	Revestimento com resina epóxi modificada multifuncional com agente de cura modificado aminocicloalifático com reforços minerais modificados	Recomendado para imersão contínua em soluções aquosas a temperaturas elevadas na faixa de pH 2-14. Indicado para trocadores de calor, separadores de óleo/gás e óleo/água e tanques de condensado	Trincha, rolo ou spray Metal branco Sa 3/SSPC-SP5 com rugosidade: 75-125 µm	Esp. por demão: 375-500 µm Cura total: 250 horas a 25°C
C	Revestimento com resina epóxi novolac reforçado com carga cerâmica	Indicado para pintura de separadores de óleo/água, trocadores de calor, condensadores, evaporadores e bombas de água quente.	Espátula ou trincha. Jateamento com areia.	8 horas ao ambiente mais 5 horas a 150°C, com uso de ar quente.
D	Revestimento polímero - cerâmico	Proteção contra erosão, abrasão, cavitação ou corrosão. Resistente à tensão causada por agentes como ácidos, soluções cáusticas, solventes, sais e gases.	Espátula ou trincha. Jateamento com areia.	Esp. Total: 1000 µm Cura total: 24 horas a 20°C

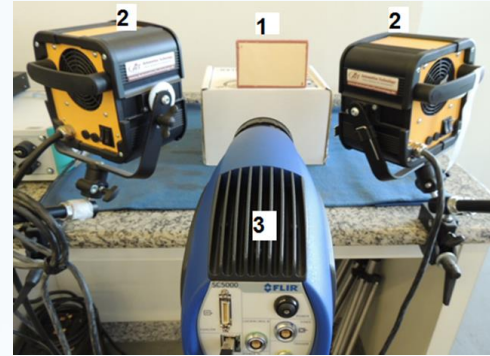
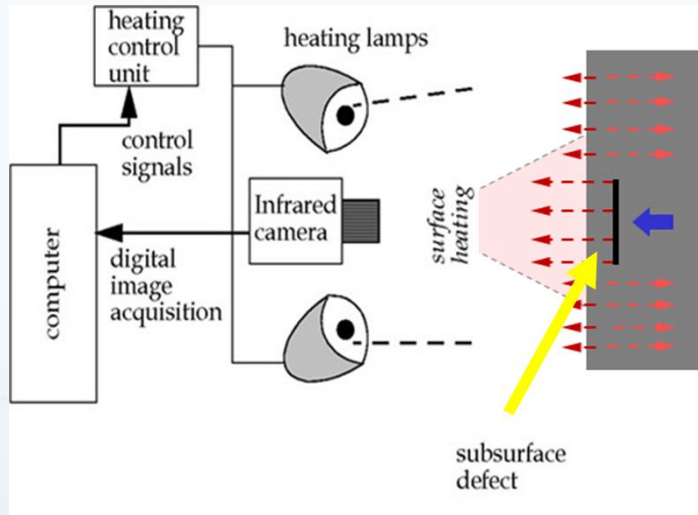
Revestimentos Anticorrosivos

Ultrassom



Revestimentos Anticorrosivos

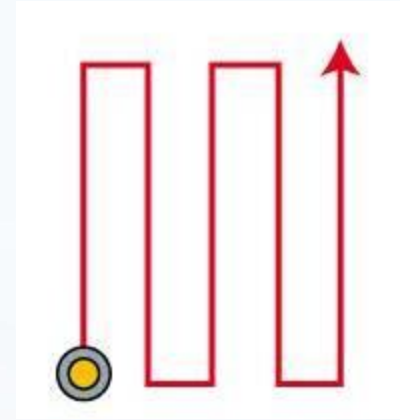
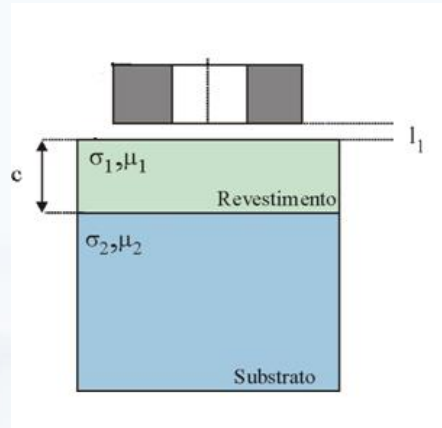
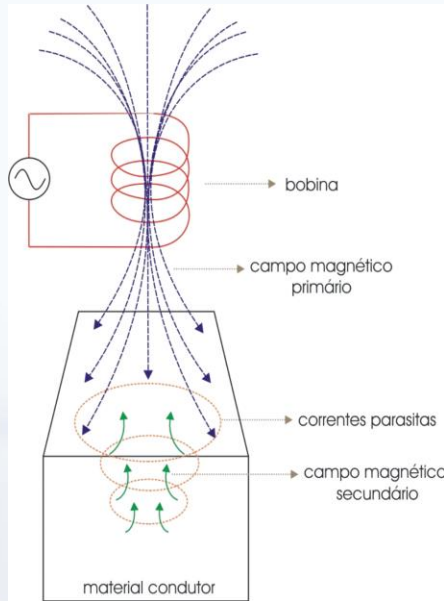
Termografia



Setup experimental utilizado para os testes de termografia

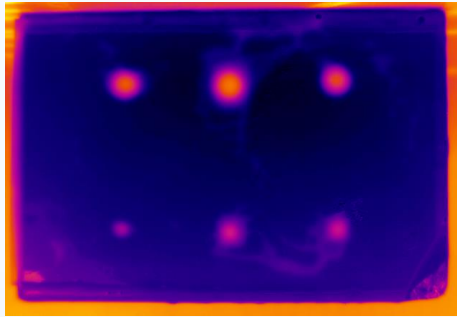
Revestimentos Anticorrosivos

Correntes Parasitas

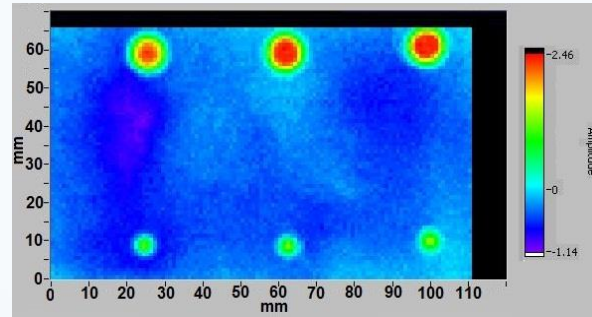


Revestimentos Anticorrosivos

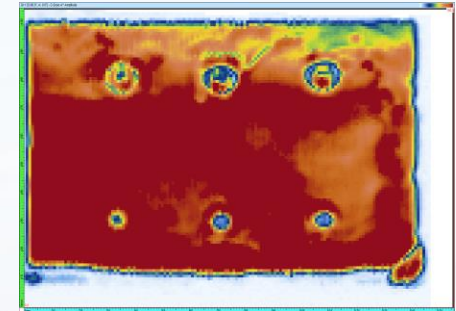
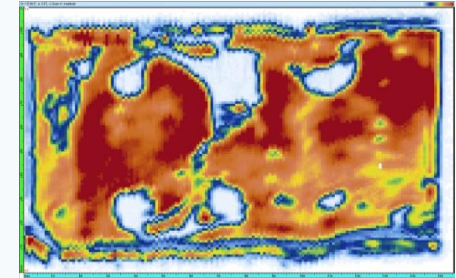
Termografia



Correntes Parasitas



Ultrassom



F
R
E
N
T
E

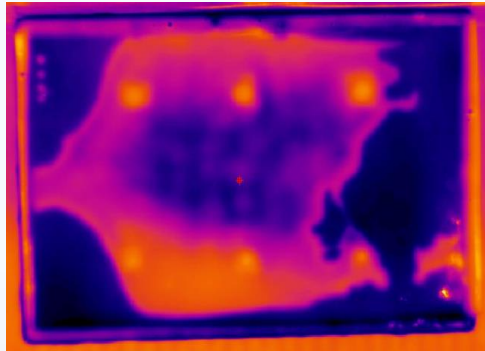
V
E
R
S
O

Revestimento A

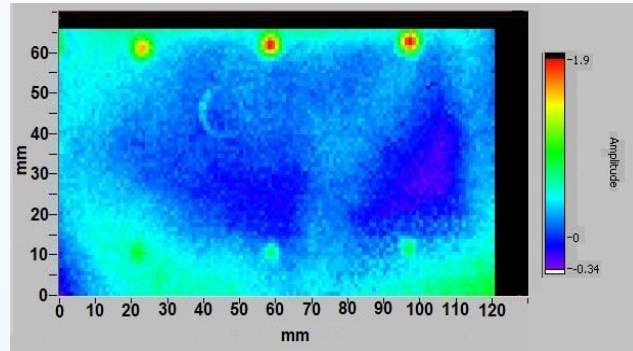
Revestimento com resina epóxi novolac reforçado com carga de flocos de vidro

Revestimentos Anticorrosivos

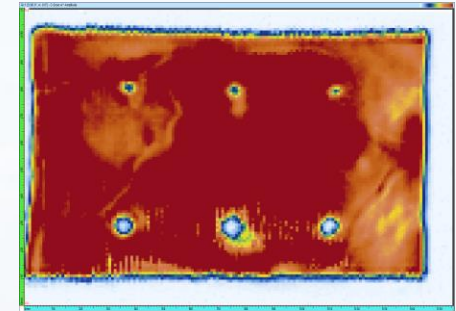
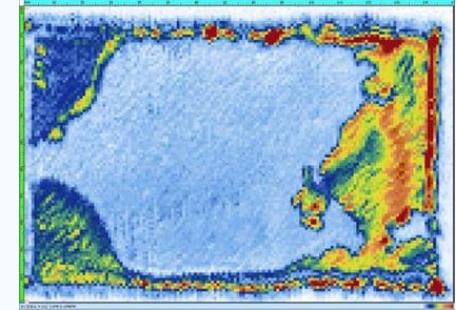
Termografia



Correntes Parasitas



Ultrassom



F
R
E
N
T
E

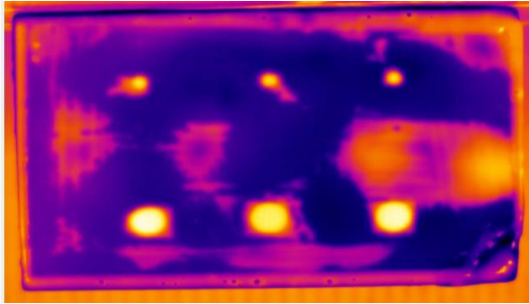
V
E
R
S
O

Revestimento A

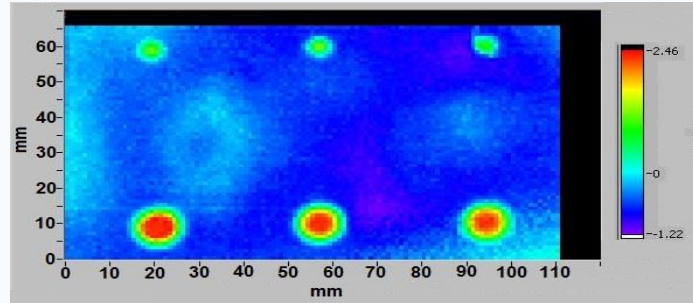
Revestimento com resina epóxi novolac reforçado com carga de flocos de vidro

Revestimentos Anticorrosivos

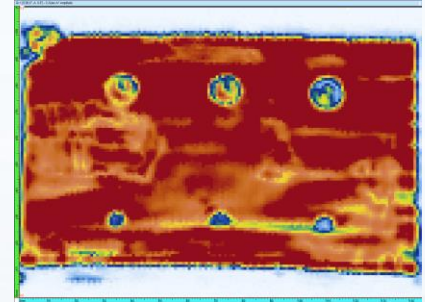
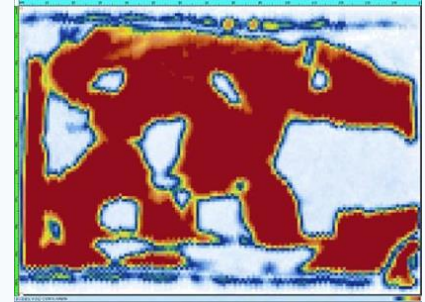
Termografia



Correntes Parasitas



Ultrassom



F
R
E
N
T
E

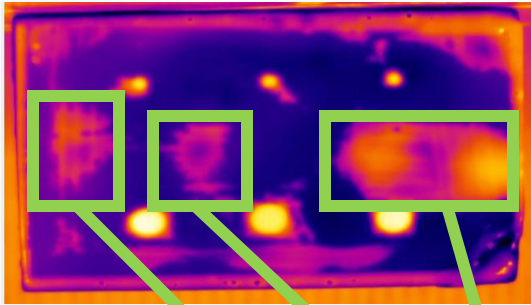
V
E
R
S
O

Revestimento B

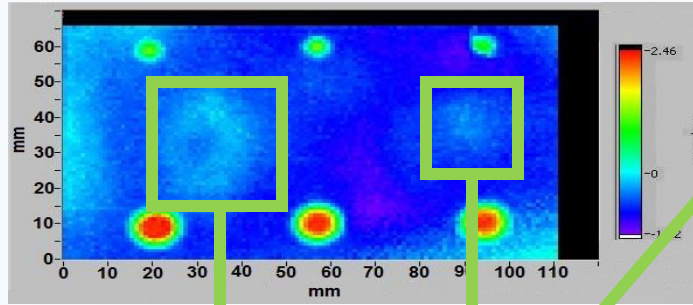
Revestimento com resina epóxi modificada multifuncional com agente de cura modificado aminocicloalifático com reforços minerais modificados

Revestimentos Anticorrosivos

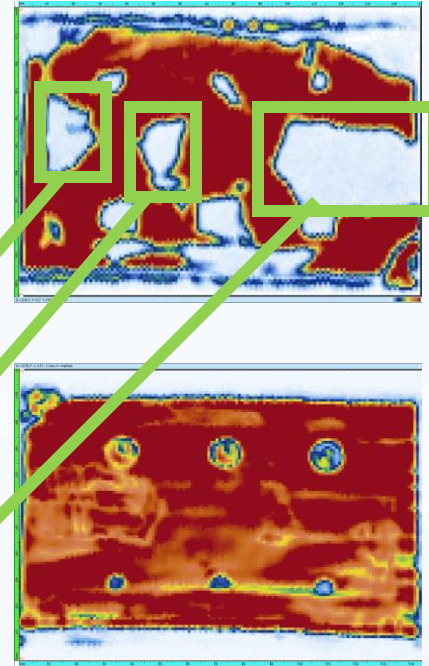
Termografia



Correntes Parasitas



Ultrassom

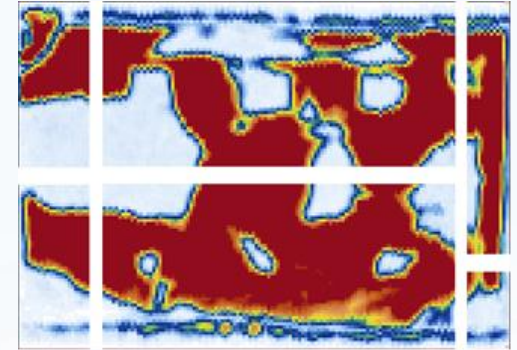
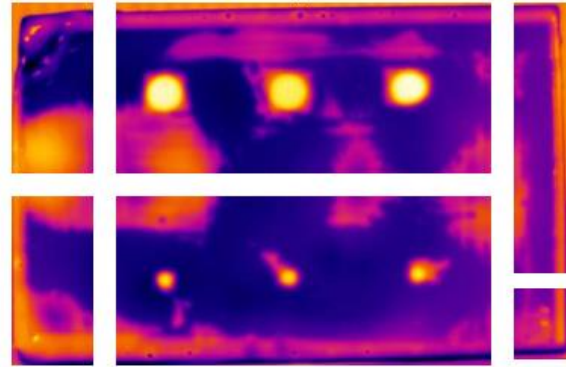
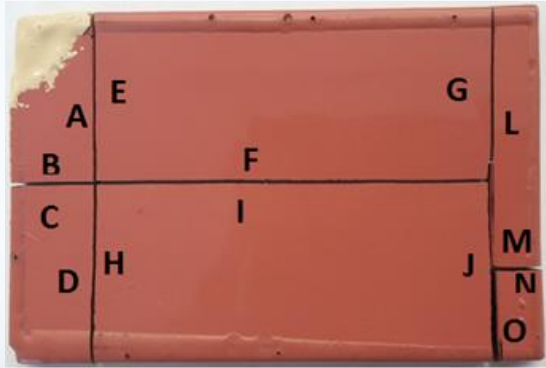


F
R
E
N
T
E

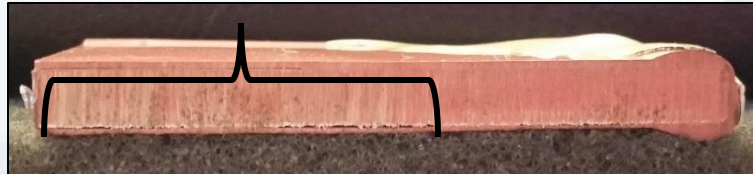
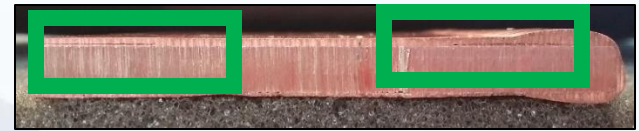
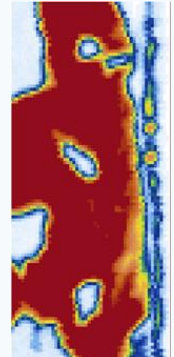
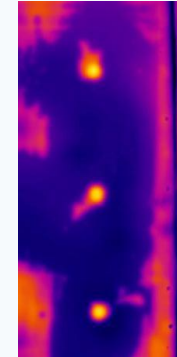
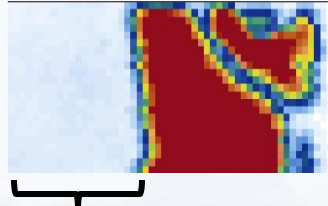
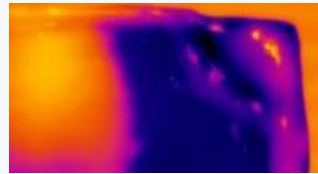
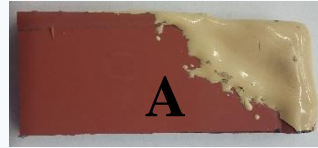
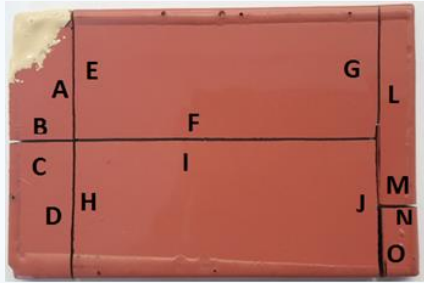
V
E
R
S
O

Defeitos não previstos, mas que surgiram durante a aplicação

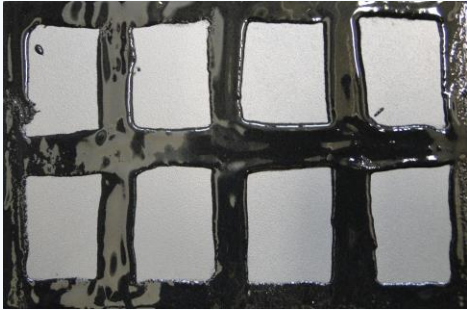
Revestimientos Anticorrosivos



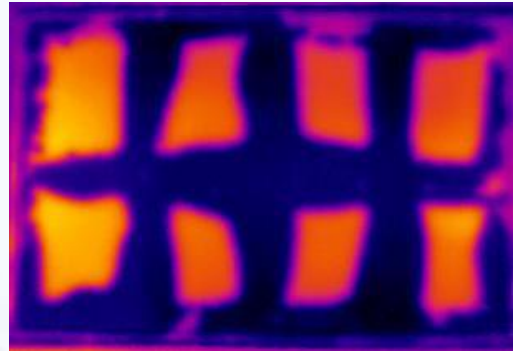
Revestimientos Anticorrosivos



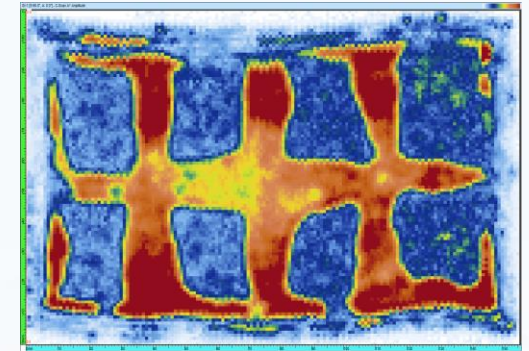
Revestimentos Anticorrosivos



Termografia



Ultrassom



Revestimento B

Revestimento com resina epóxi modificada multifuncional com agente de cura modificado aminocicloalifático com reforços minerais modificados

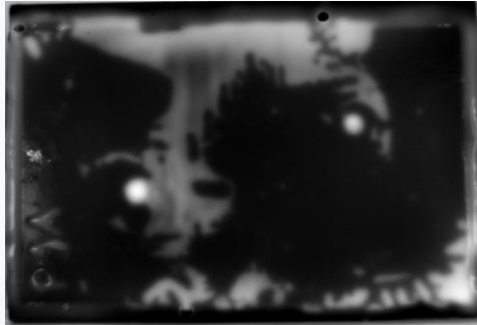
Revestimentos Anticorrosivos

Ultrassom

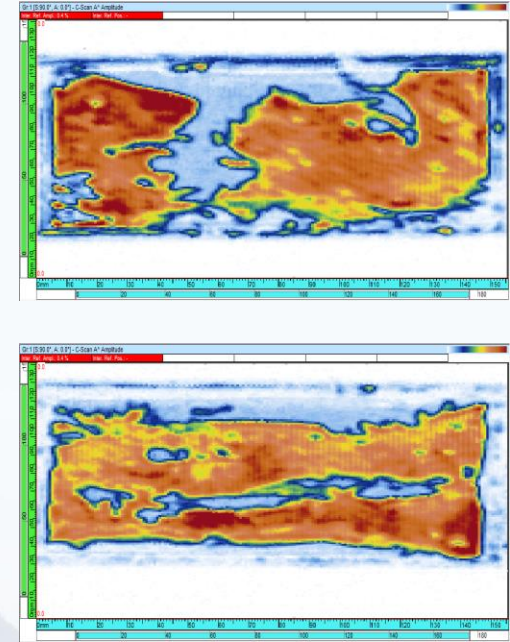
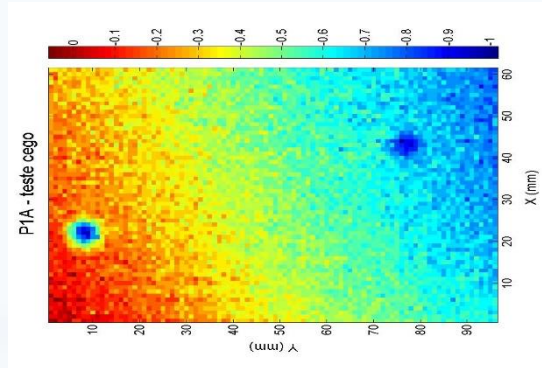
F
R
E
N
T
E

V
E
R
S
O

Termografia



Correntes Parasitas

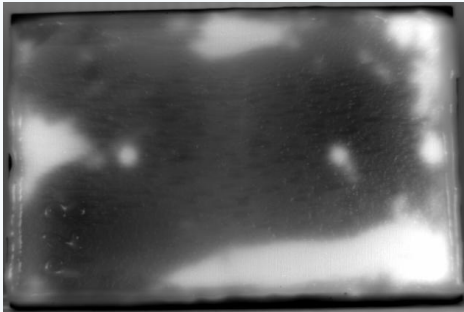


Revestimento C

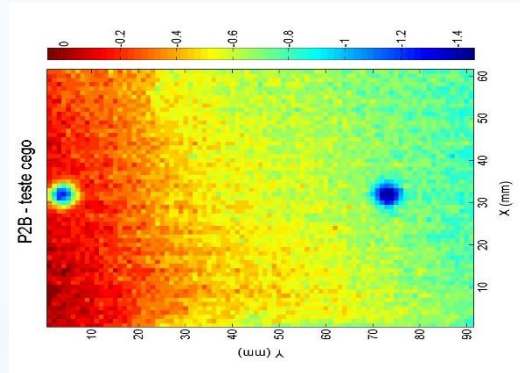
Revestimento com resina epóxi novolac reforçado com carga cerâmica

Revestimentos Anticorrosivos

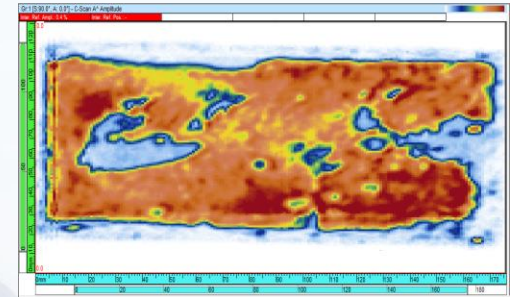
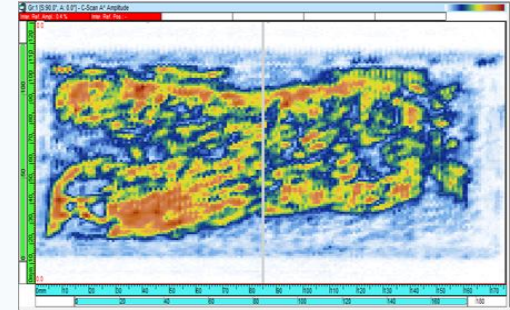
Termografia



Correntes Parasitas



Ultrassom



F
R
E
N
T
E

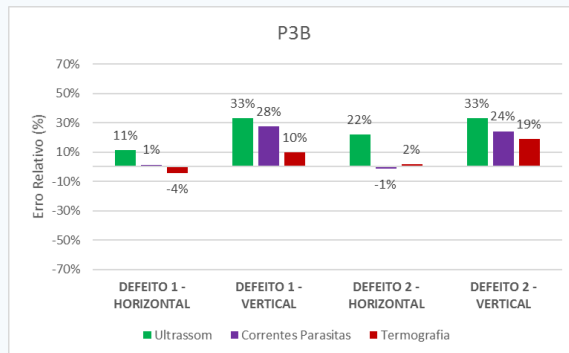
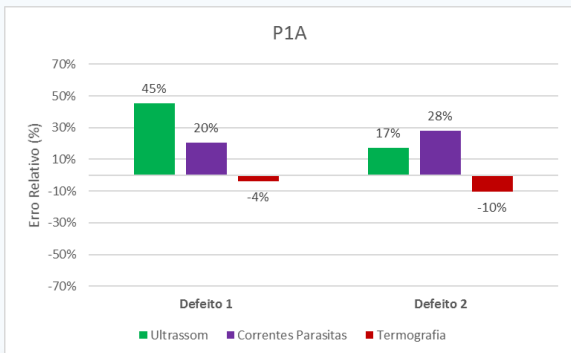
V
E
R
S
O

Revestimento D

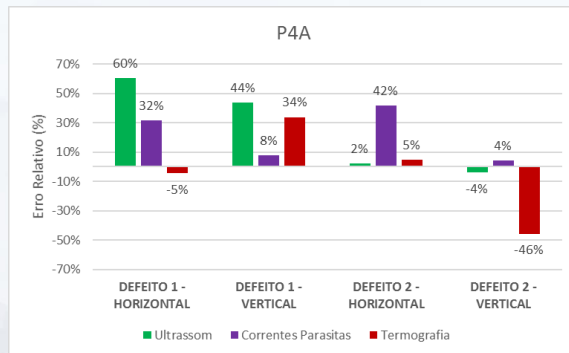
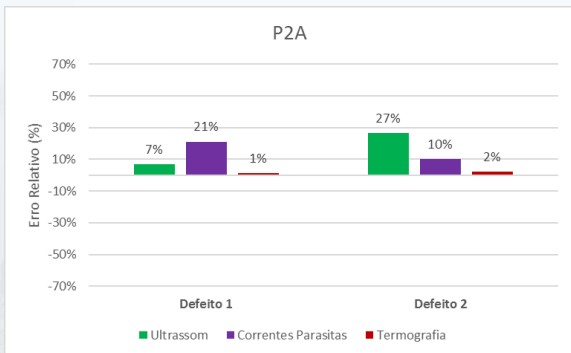
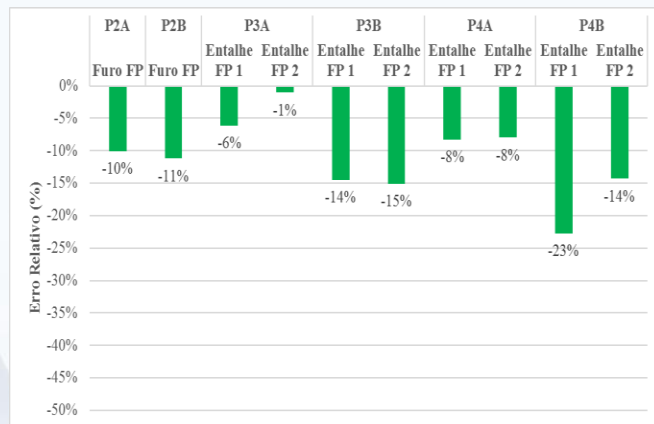
Revestimento polímero - cerâmico

Revestimentos Anticorrosivos

Além da detecção, também é possível estimar o dimensionamento (pelas técnicas avaliadas)



... e a profundidade dos defeitos por ultrassom



Defeitos avaliados x Detecção

Defeito Avaliado / Técnica	Ultrassom	Termografia	Correntes Parasitas
Perda de espessura no substrato simulando a corrosão localizada (com e sem a presença de óxido no preenchimento dos defeitos)	✓	✓	✓
Falha de aderência entre o substrato e o revestimento	✓	✓	x
Variações na espessura do revestimento	✓	x	✓

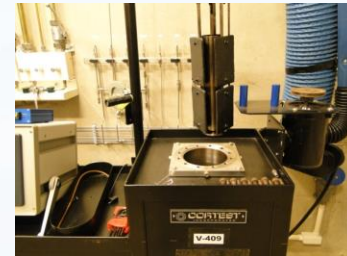
Revestimentos Anticorrosivos

- PROVENIENTES DE ENSAIOS DE CORROSÃO:

- Ensaio em autoclave a 150°C e 180°C
- Ensaio de imersão a T_{amb}
- Ensaio com campo elétrico
- Ensaio com ciclo térmico
- Ensaio com choque térmico
- Ensaio de imersão em diferentes meios

Ensaio em auto clave

- Temperatura: 150 e 180°C
- H₂S
- Imersão por 4, 8 e 12 meses em
- água de formação



Revestimentos Anticorrosivos



Fotografia do corpo de prova após o ensaio em autoclave

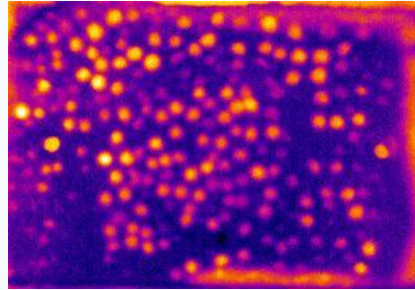
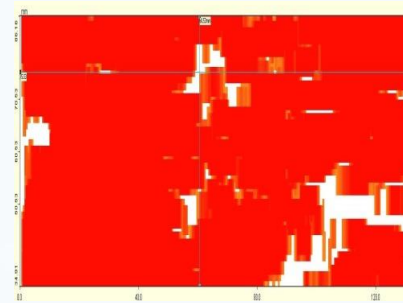


Imagem termográfica



C-Scan obtido por phased array

Revestimentos Anticorrosivos



Fotografia do corpo de prova após o ensaio em autoclave

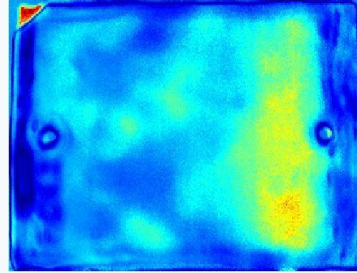
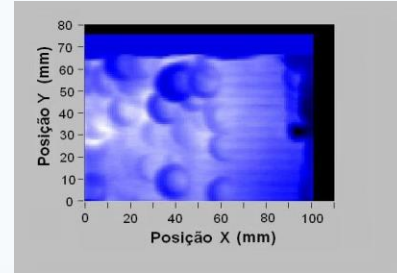
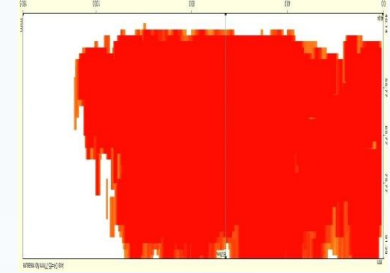


Imagem termográfica



C-Scan obtido por correntes parasitas



C-Scan obtido por phased array

Revestimentos Anticorrosivos

Experimental

Termografia

Ultrassom

Correntes
Parasitas

Simulação Computacional

Redução de gastos com
fabricação de corpos de prova

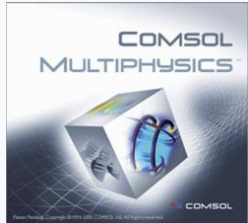
Menor tempo de uso efetivo de
utilização de equipamentos e pessoal

Otimização de parâmetros a serem
utilizados na inspeção

Possibilidade de extrapolar condições
experimentais para previsão de novos
cenários

Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional



EXTEN·D·E
CIVA

Etapas da simulação computacional

Construção virtualmente do ensaio e materiais no software de simulação



Validação do modelo de simulação computacional (experimental x simulado)



Extrapolação das condições experimentais no modelo de simulação

Revestimentos Anticorrosivos

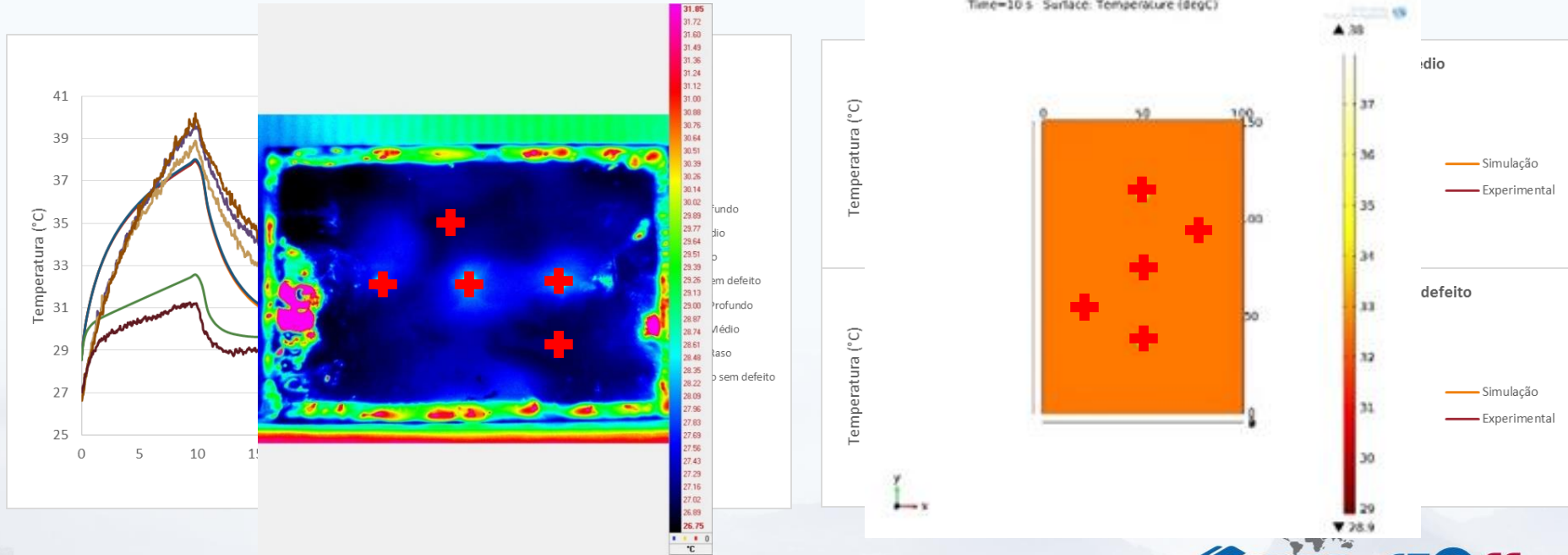
Simulação Computacional

TERMOGRAFIA

Revestimentos Anticorrosivos

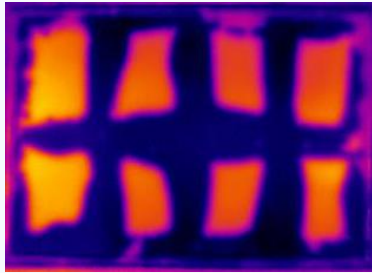
Simulação Computacional - Termografia

CP1 - FRENTE

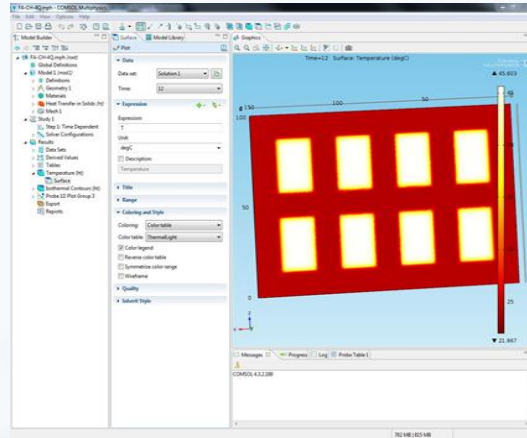


Revestimentos Anticorrosivos

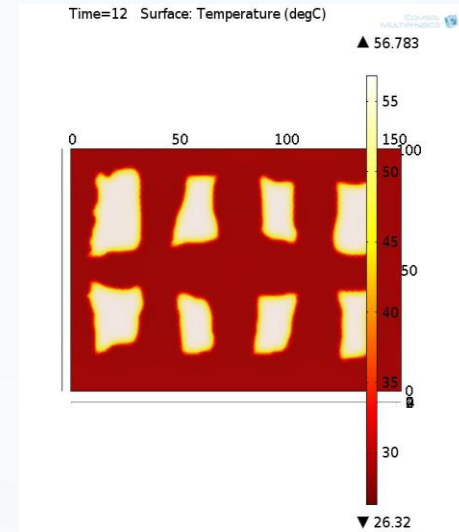
Simulação Computacional - Termografia



Termograma original
(realidade do comportamento
de temperatura dos defeitos)



Condição simulada dos
defeitos



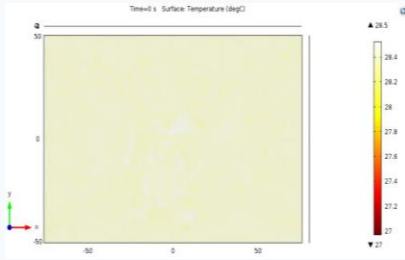
Termograma obtido pela simulação através
do da geometria dos defeitos no modelo de
simulação

Revestimentos Anticorrosivos

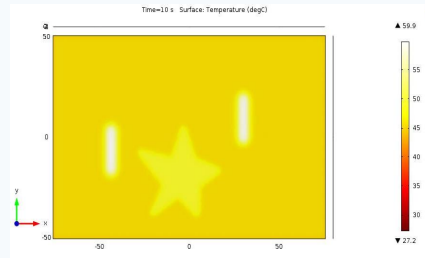
Simulação Computacional - Termografia

CP3 - FRENTE

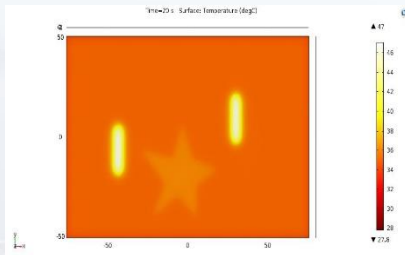
Tempo = 0s



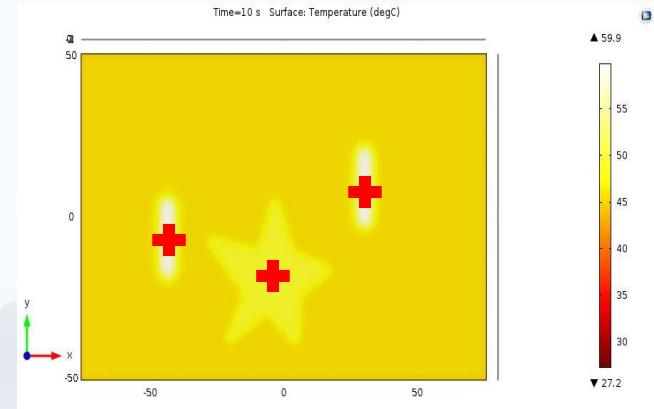
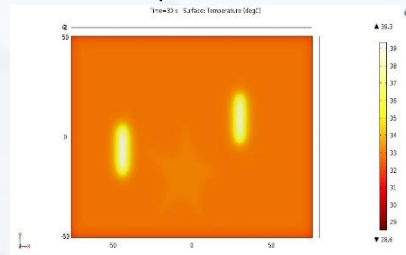
Tempo = 10s



Tempo = 20s



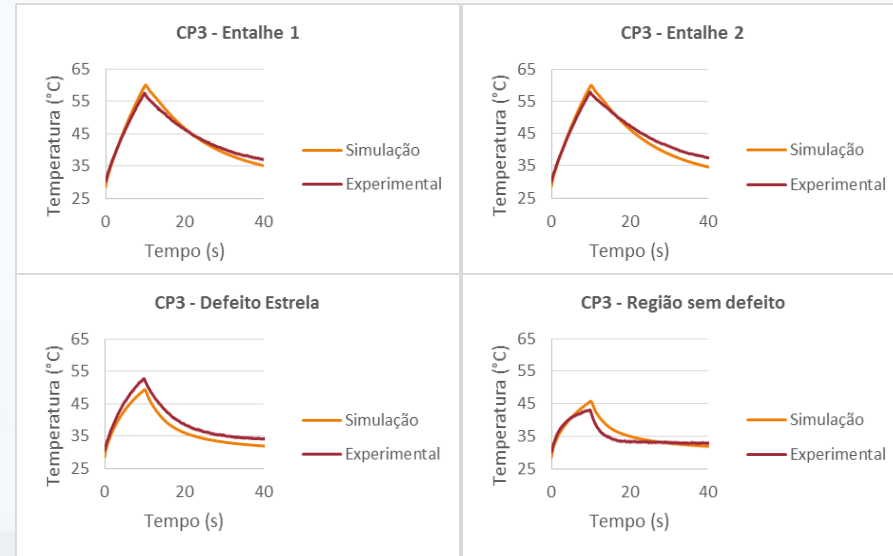
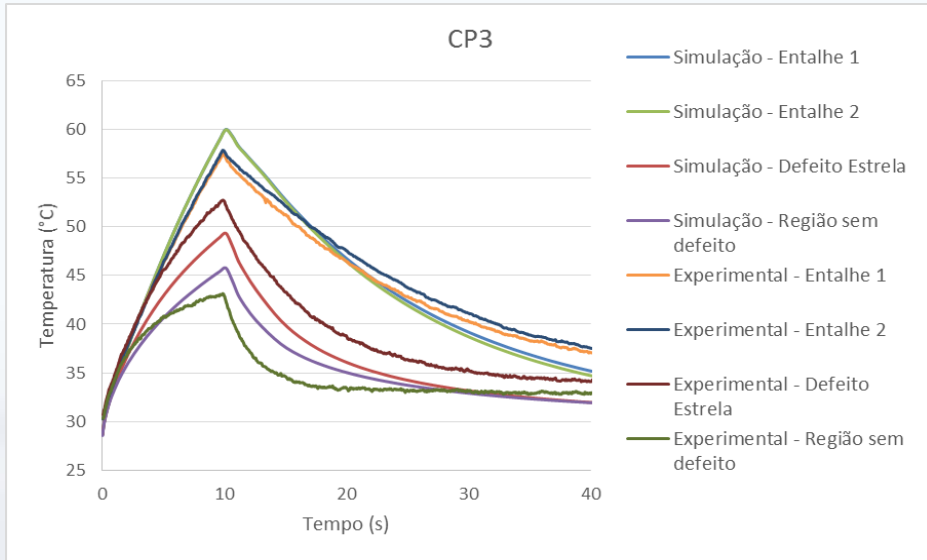
Tempo = 30s



Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Termografia

CP3 - FRENTE



Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Termografia

Limites de detecção

Diminuição
no diâmetro
dos defeitos

Redução na
profundidade
dos furos

Aumento ou
redução da
espessura do
aço

Aumento ou
redução da
camada de
revestimento

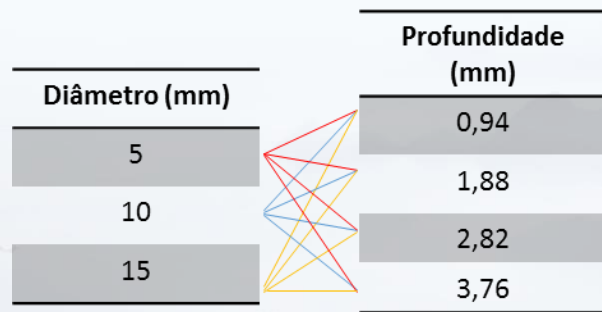
Inspeção pelo
lado externo

Revestimentos Anticorrosivos

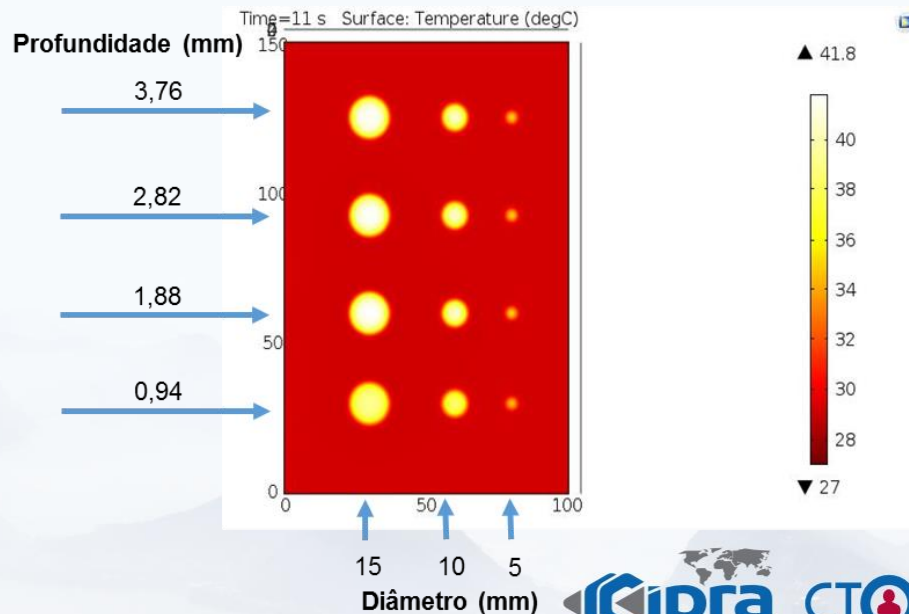
Simulação Computacional - Termografia

Possibilidades de estudo após validação do modelo de simulação computacional:

- Diferentes geometrias e configurações de defeitos (tamanho e profundidade)



Influência da área e profundidade no contraste térmico dos defeitos



Revestimentos Anticorrosivos

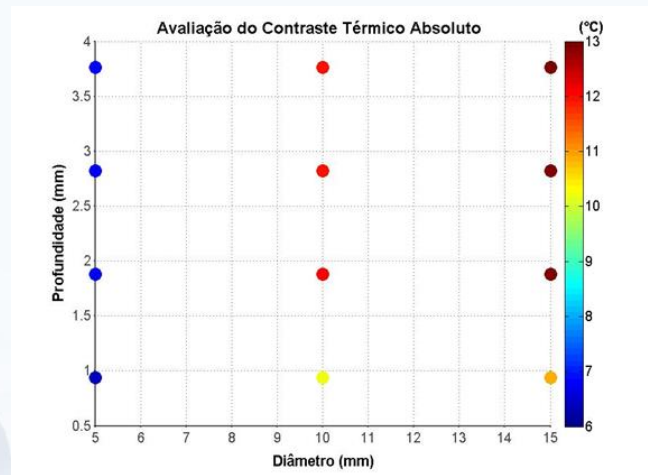
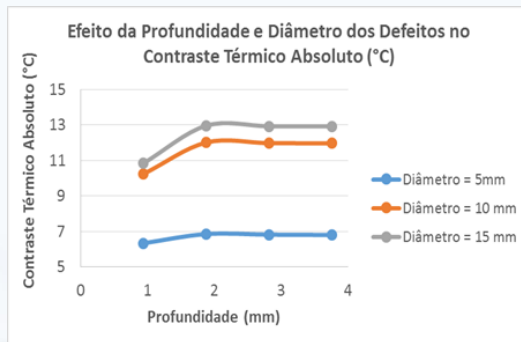
Simulação Computacional - Termografia

Possibilidades de estudo após validação do modelo de simulação computacional:

- Diferentes geometrias e configurações de defeitos (tamanho e profundidade)

Defeitos		Valor do máximo Contraste Térmico Absoluto (°C)
Diâmetro (mm)	Profundidade (mm)	
5	0,94	6,35
	1,88	6,87
	2,82	6,83
	3,76	6,81
10	0,94	10,24
	1,88	12,02
	2,82	11,99
	3,76	11,97
15	0,94	10,85
	1,88	12,97
	2,82	12,94
	3,76	12,93

Influência da área e profundidade no contraste térmico dos defeitos

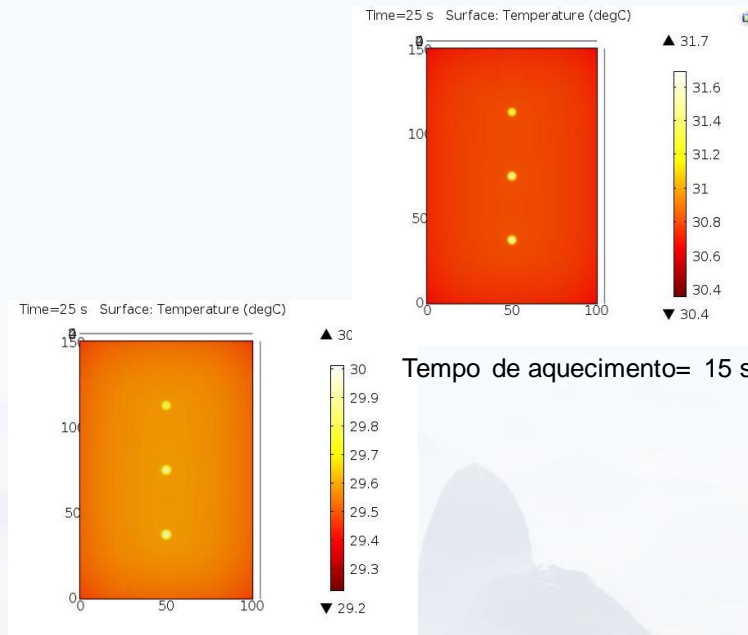


Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Termografia

Possibilidades de estudo após validação do modelo de simulação computacional:

- Diferentes geometrias e configurações de defeitos (tamanho e profundidade)
- Redução ou aumento na espessura do material (limite de detecção de defeitos)
- Variação do tempo de aquecimento



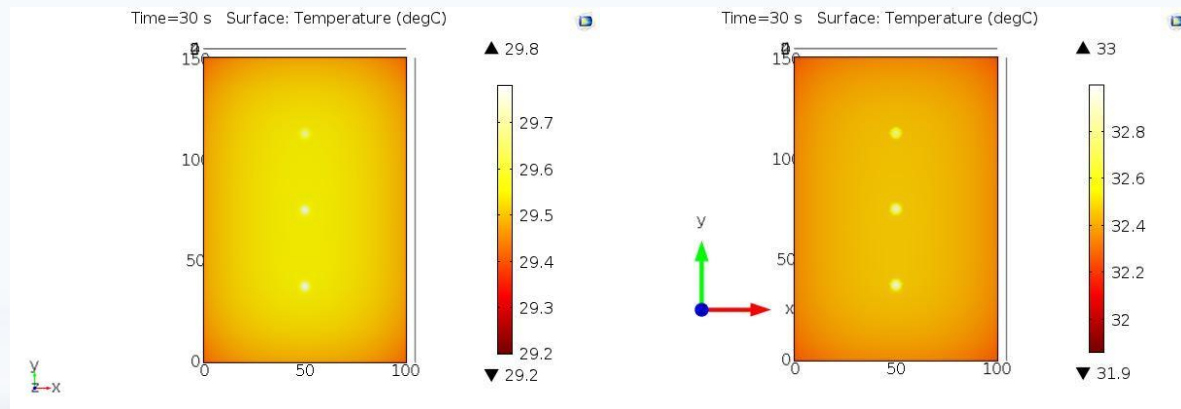
Tempo de aquecimento= 10 s

Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Termografia

Possibilidades de estudo após validação do modelo de simulação computacional:

- Diferentes geometrias e configurações de defeitos (tamanho e profundidade)
- Redução ou aumento na espessura do material (limite de detecção de defeitos)
- Variação do tempo de aquecimento
- Mudança na potência da lâmpada



Potência = 100%

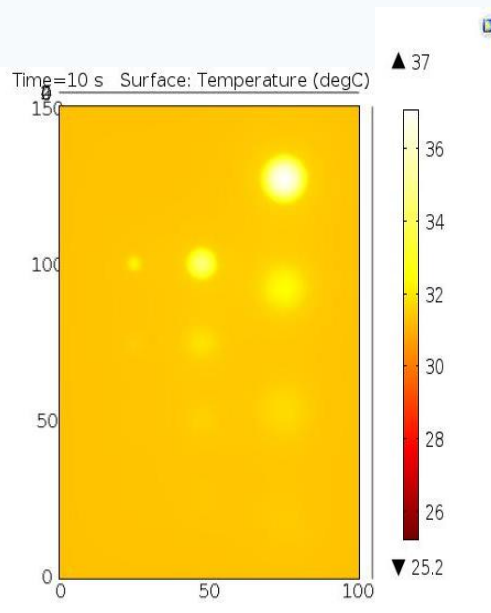
Potência = 200%

Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Termografia

Possibilidades de estudo após validação do modelo de simulação computacional:

- Diferentes geometrias e configurações de defeitos (tamanho e profundidade)
- Redução ou aumento na espessura do material (limite de detecção de defeitos)
- Variação do tempo de aquecimento
- Mudança na potência da lâmpada
- Viabilidade da inspeção pelo lado oposto aos defeitos (verso)



Defeitos		
Diâmetro (mm)	Profundidade (mm)	Espessura Remanescente (mm)
5	3,76	0,14
	2,82	1,08
	1,88	2,02
	0,94	2,96
10	3,76	0,14
	2,82	1,08
	1,88	2,02
	0,94	2,96
15	3,76	0,14
	2,82	1,08
	1,88	2,02
	0,94	2,96

Espessura Remanescente = Espessura do substrato – Profundidade do defeito

Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Termografia

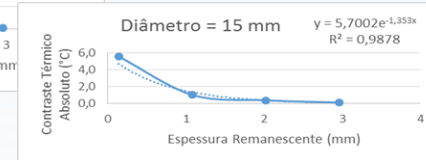
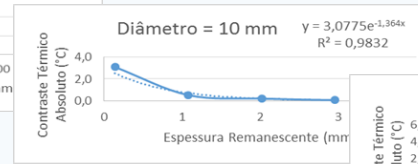
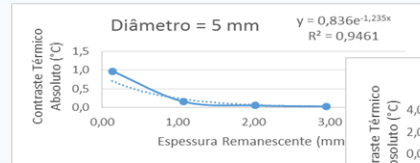
Possibilidades de estudo após validação do modelo de simulação computacional:

- Diferentes geometrias e configurações de defeitos (tamanho e profundidade)
- Redução ou aumento na espessura do material (limite de detecção de defeitos)
- Variação do tempo de aquecimento
- Mudança na potência da lâmpada
- Viabilidade da inspeção pelo lado oposto aos defeitos (verso)

Defeitos		Valor do máximo Contraste Térmico Absoluto (°C)
Diâmetro (mm)	Espessura Remanescente (mm)	
5	0,14	0,97
	1,08	0,16
	2,02	0,05
	2,96	0,03

Defeitos		Valor do máximo Contraste Térmico Absoluto (°C)
Diâmetro (mm)	Espessura Remanescente (mm)	
10	0,14	3,09
	1,08	0,52
	2,02	0,20
	2,96	0,06

Defeitos		Valor do máximo Contraste Térmico Absoluto (°C)
Diâmetro (mm)	Espessura Remanescente (mm)	
15	0,14	5,56
	1,08	1,02
	2,02	0,38
	2,96	0,11



Diâmetro (mm)	5	10	15
R ²	0,9461	0,9832	0,9878
Equação	$Y = 0,836e^{-1,235x}$	$Y = 3,077e^{-1,364x}$	$Y = 5,7002e^{-1,353x}$
Limiar (mínimo contraste)	2°C	2°C	2°C
Espessura Remanescente necessária para detecção	Não detectável	0,32 mm	0,77 mm

Espessura Remanescente = Espessura do substrato – Profundidade do defeito

Revestimentos Anticorrosivos

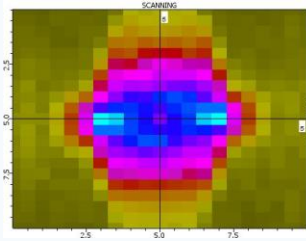
Simulação Computacional

ULTRASSOM

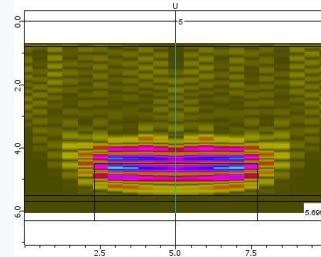
Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Ultrassom

Simulação da resposta de um defeito fresado de 5,41mm de diâmetro a **profundidade de 1mm**, com um transdutor de 5MHz focalizado no meio do corpo de prova.

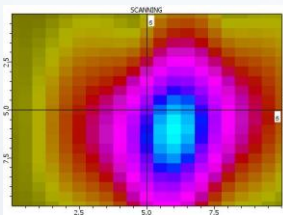


C-scan

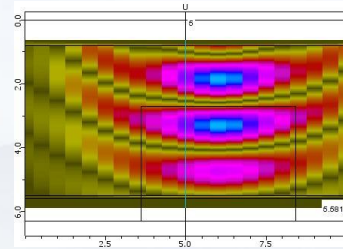


B-scan

Simulação da resposta de um defeito fresado de 5,25mm de diâmetro a **profundidade de 2,8mm**, com um transdutor de 1MHz focalizado no meio do corpo de prova.



C-scan

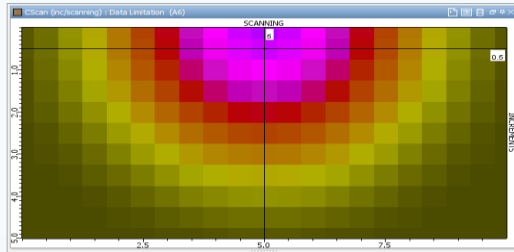


B-scan

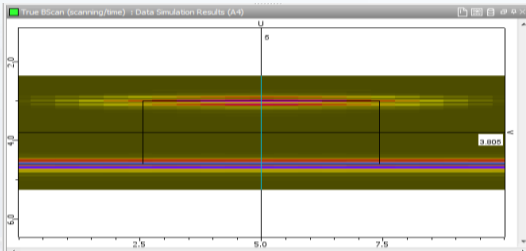
Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Ultrassom

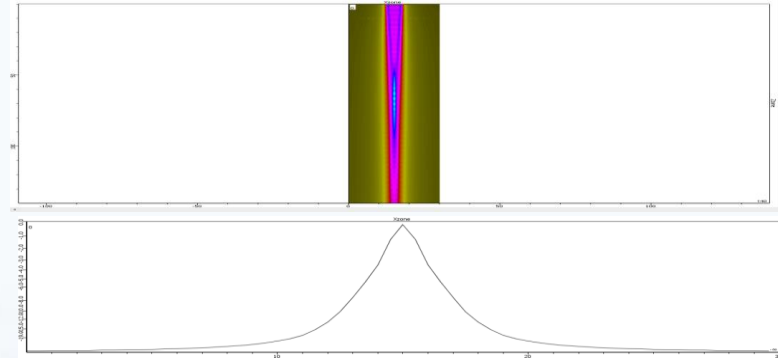
CP1 simulando inspeção por imersão com cabeçote normal e de frequência na faixa de 15 MHz.



C-scan



B-scan

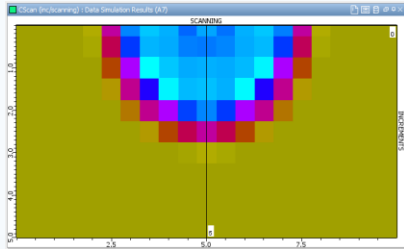


Simulação do feixe sônico de um cabeçote normal e de frequência na faixa de 15 MHz

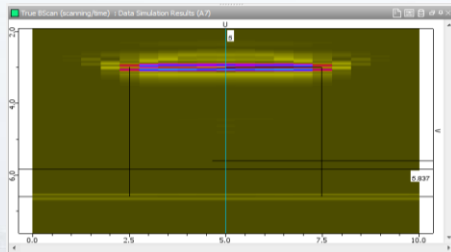
Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Ultrassom

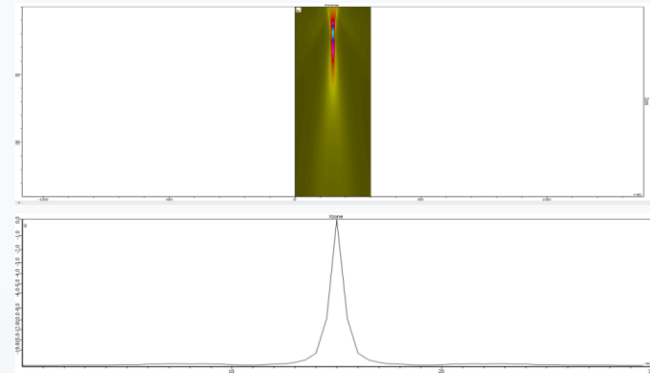
CP1 simulando inspeção por imersão com cabeçote normal com lente côncava de raio 16 mm na faixa de 15 Mhz de frequência.



C-scan



B-scan

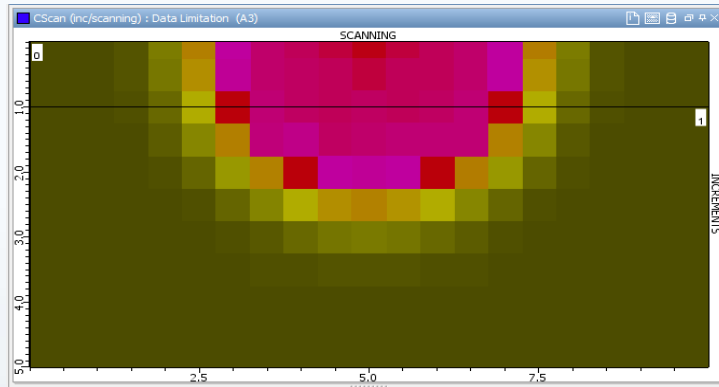


Simulação do feixe sônico de um cabeçote normal côncavo com raio de 16 mm e de frequência na faixa de 15 MHz.

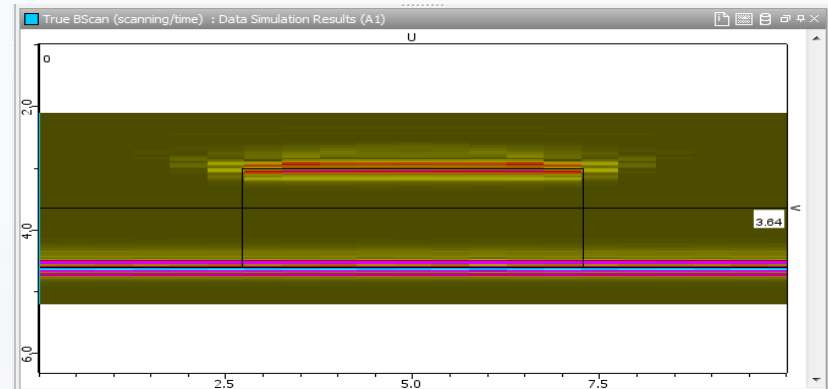
Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Ultrassom

CP1 simulando inspeção por imersão com cabeçote normal côncavo de raio 16 mm na faixa de 15 Mhz de frequência . Esta situação foi testada pois a concavidade faz com que haja uma melhor focalização visto que devido à pequena espessura da chapa de 4.6 mm é necessária uma boa resolução em termos de sinal.



C-scan

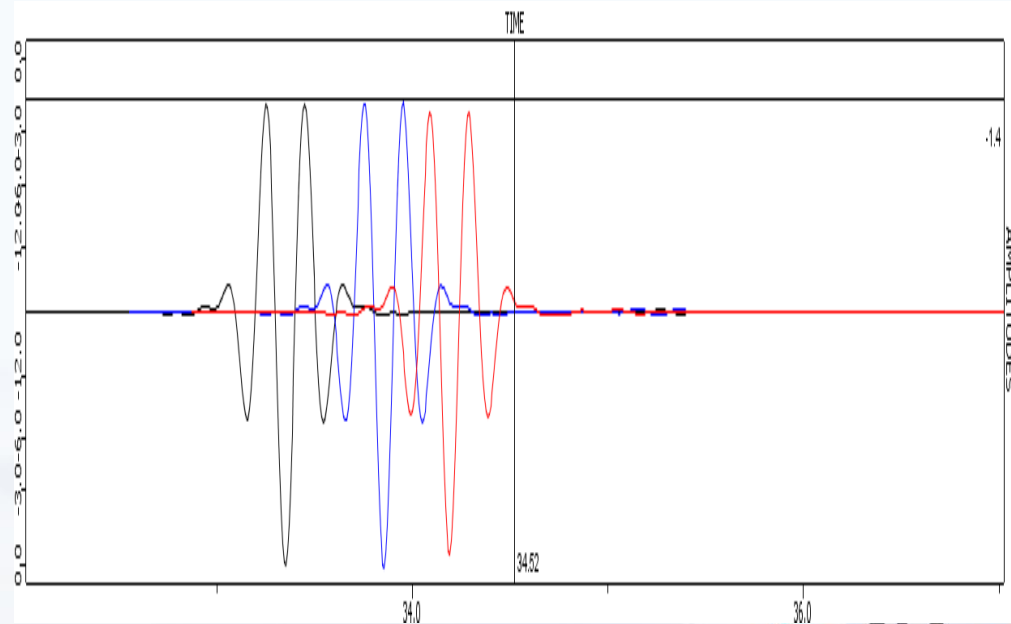
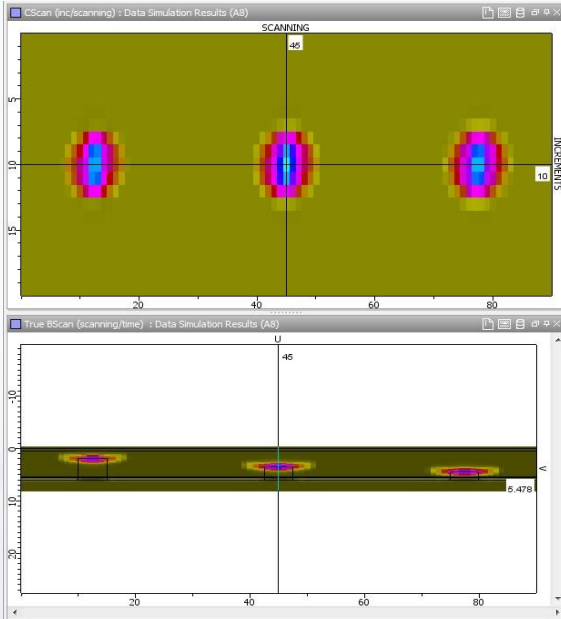


B-scan

Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Ultrassom

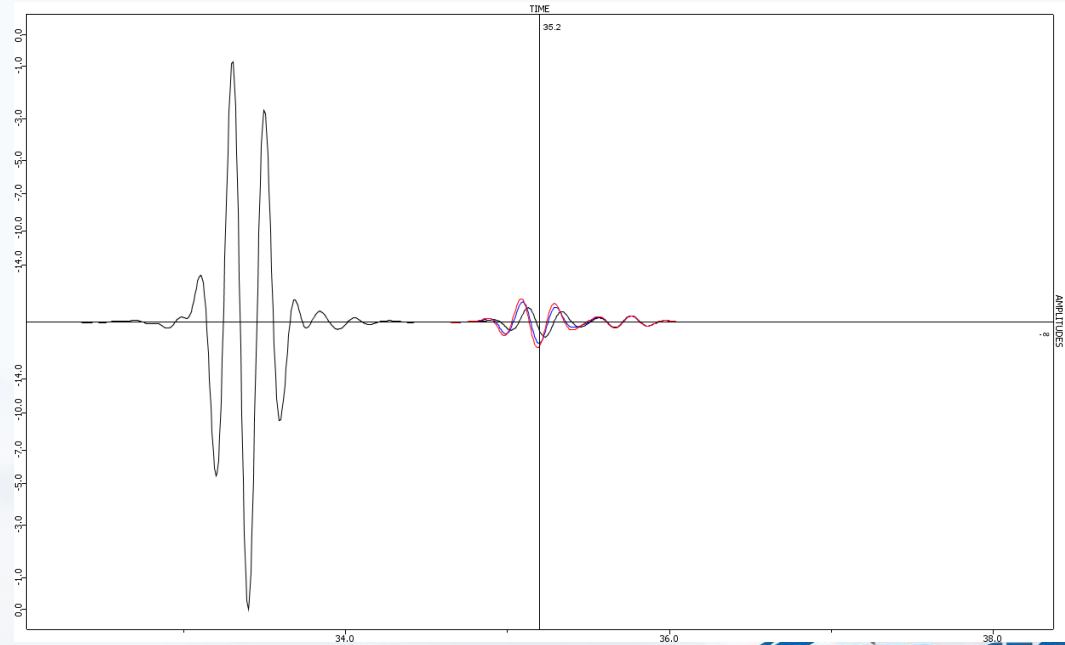
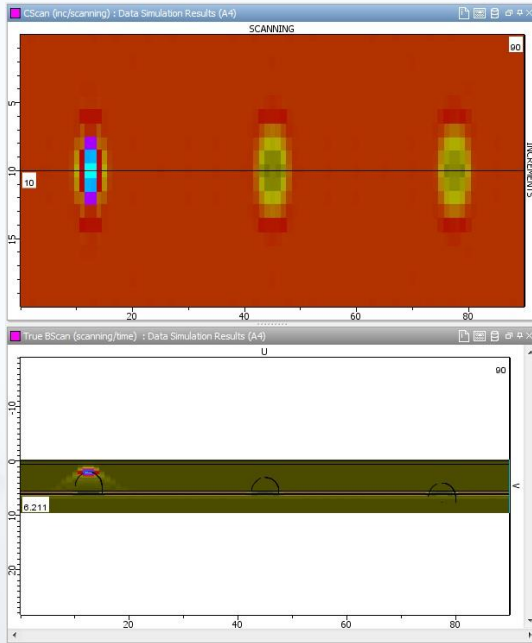
Furo Fresado Sem Produto de Corrosão



Revestimentos Anticorrosivos

Simulação Computacional - Ultrassom

Furo Cônico Sem Produto de Corrosão

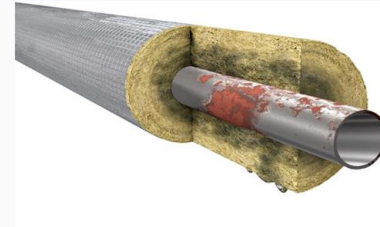


CUI (CORROSION UNDER INSULATION)

Um dos grandes problemas atuais da indústria.

Extremamente agressiva do ponto de vista da progressão “silenciosa” na estrutura.

Geralmente só é reportada quando o dano já é grande e extenso.



UMIDADE

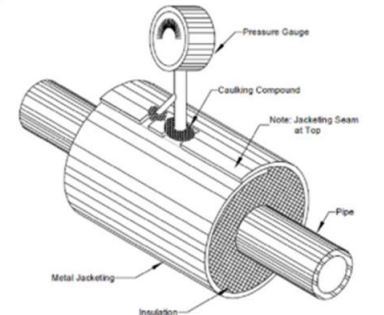


Figure 2: A schematic example of an attachment (pressure gauge) to the main body of the equipment where water bypass is possible. © National Corrosion Association (NACE)

Quando a umidade penetra no isolamento por meio de um dano no material ou na forma de transmissão de vapor d'água, ela pode gerar a corrosão na superfície do tubo

CUI (CORROSION UNDER INSULATION)

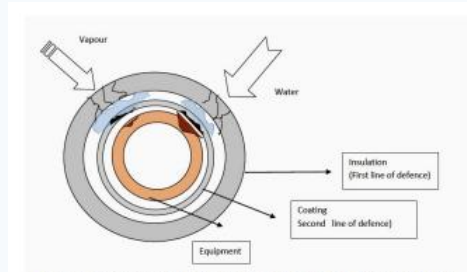
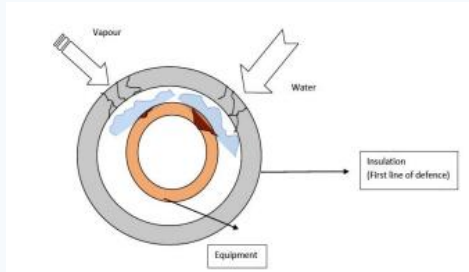


Figure 8: Two lines of defence prepared for the equipment against CUI



Figure 3: CUI as induced on inorganic zinc coating after working for 8 years in a coastal industrial atmosphere: Note the steam inlet nozzle and the effect of water ingress around it. © National Corrosion Association (NACE)[®]



Figure 12: CUI becomes a significant issue when insulation plugs are removed but not replaced and rescaled again (PetroChem Inspection Services Inc, used with permission)

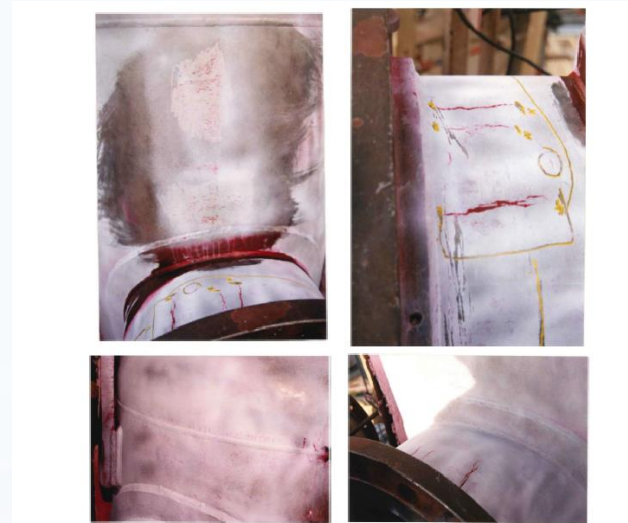


Figura 2-9: Corrosão sob tensão provocado por CSI em uma torre de recuperação de metanol – Material em SA 240 TP304L com isolamento em silicato de cálcio. a) Calota superior da torre, b) Região da boca de visita (BV).

CUI (CORROSION UNDER INSULATION)

Segundo a API RP 583 “Corrosion under Insulation and Fireproofing”, são recomendados os seguintes métodos de ensaios não destrutivos (END) para detecção dos danos provocados pela corrosão sob isolamento (CSI):

- Inspeção visual (VT), com remoção total e parcial do isolamento;
- Líquido penetrante (PT);
- Método por ondas guiadas (GWT);
- Ensaios radiográficos. Entre eles podem ser utilizados:
 - ✓ Perfil radiográfico (“Profile radiography”);
 - ✓ Densidade de filme radiográfico (“Film density radiography”);
 - ✓ Flash radiográfico (“Flash radiography”);
 - ✓ Perfilamento radiométrico (“Radiometric profiling”);
 - ✓ Radiografia em tempo real;
 - ✓ Radiografia computadorizada (“Computed radiography (CR)”);
 - ✓ Radiografia digital (“Digital radiography (DR)”);
- Corrente parasita pulsado (“Pulsed Eddy current (PEC)”);
- Neutronografia (“Neutron backscatter”);
- Termografia.

CUI (CORROSION UNDER INSULATION)



Tubo em aço carbono ASTM A106 Gr. B, sch 80,
250 mm

Isolamento térmico em lã de rocha

Proteção do isolamento em alumínio liso



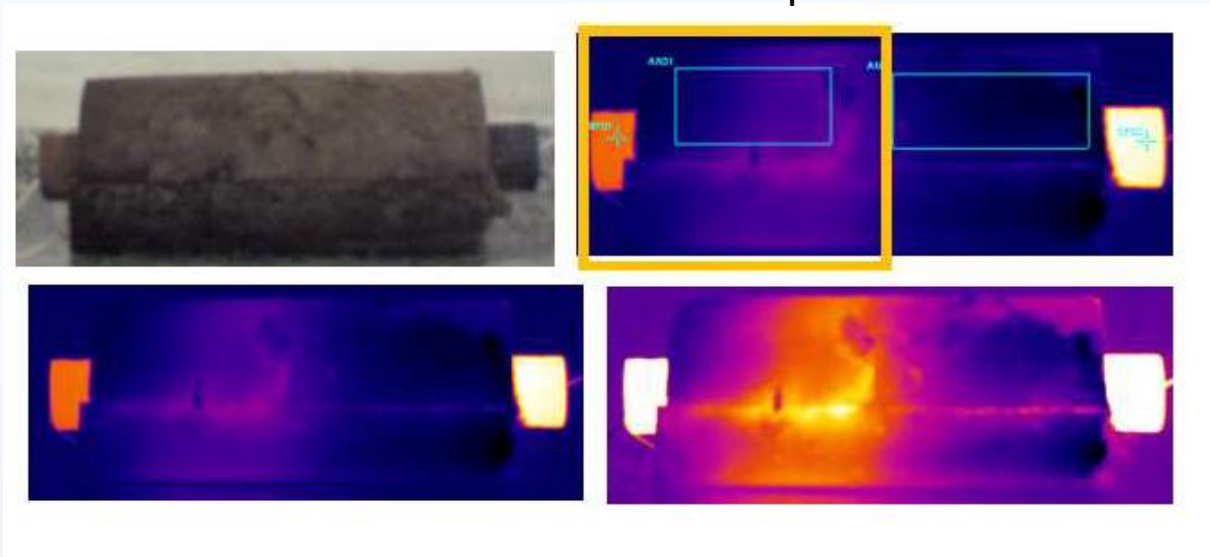
CUI (CORROSION UNDER INSULATION)



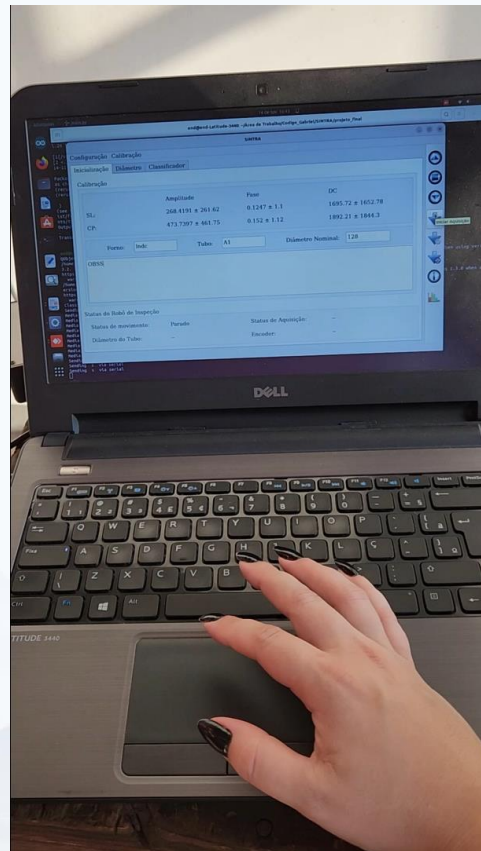
Setup do LNDC para realização dos testes de Termografia

CUI (CORROSION UNDER INSULATION)

Isolamento (sem proteção de alumínio) aquecido e com umidade no lado esquerdo

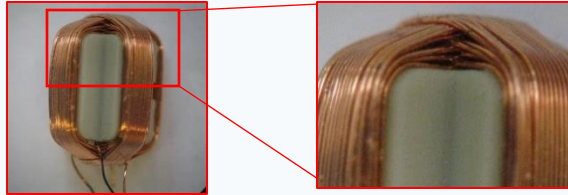


Robôs para Inspeções Automatizadas



Robôs para Inspeções Automatizadas

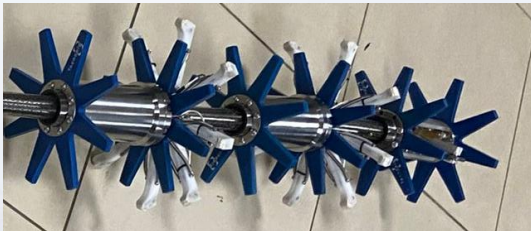
Inspeção de CLAD Pipes



Probe



Hardware



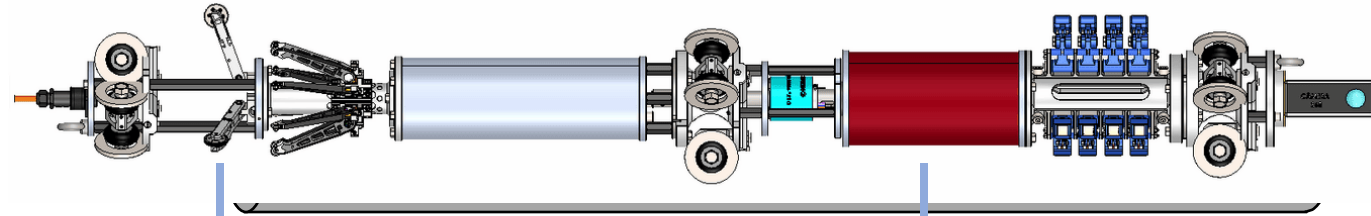
Field test



Ferramentas rotatórias: Eddy Current

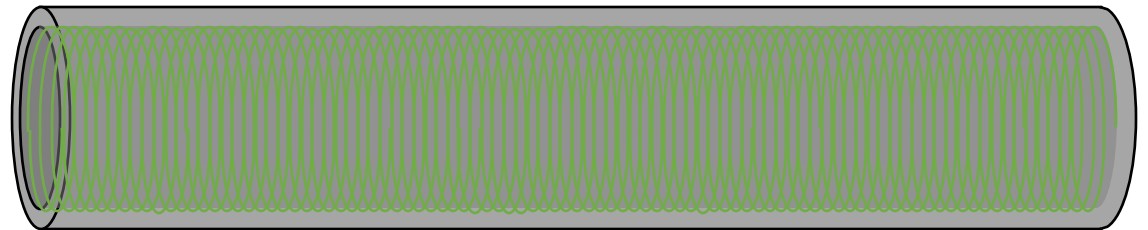
- O sensor possui uma área útil de 6mm;
- Necessário inspecionar 100% da superfície interna;
- Para inspecionar um tubo de 10" seriam necessários 130 sensores.

- Combinando controle de velocidade de rotação e translação, são necessários 12 sensores.

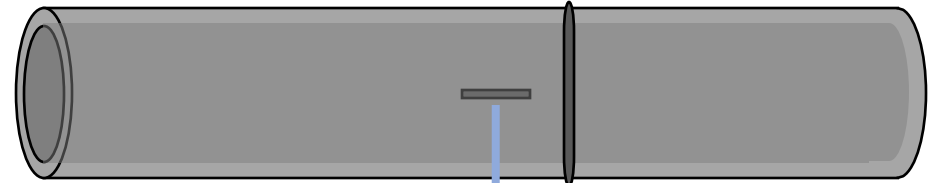
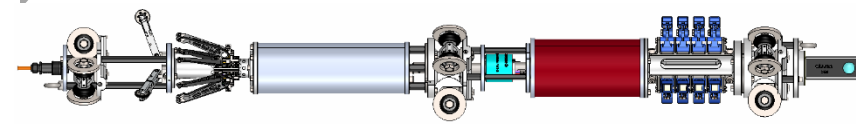


Hodômetro

Eletrônica de correntes parasitas com controle de giro

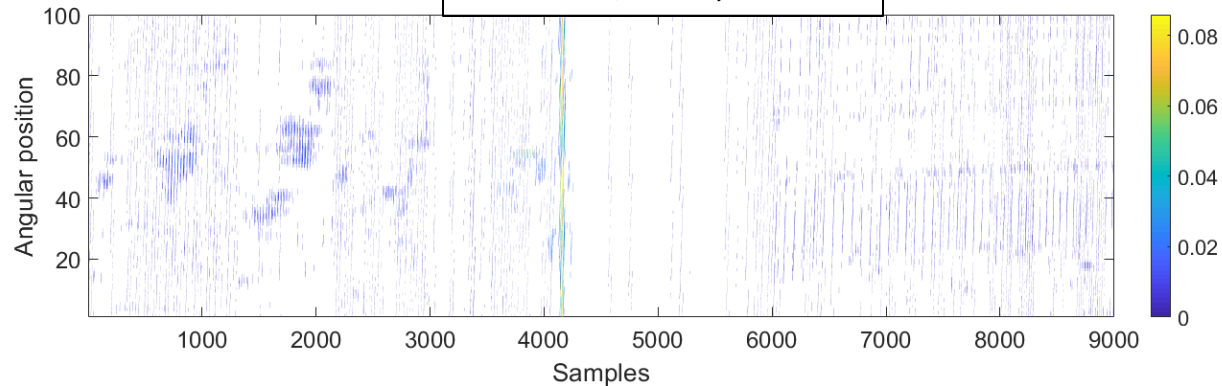


Ferramentas rotatórias

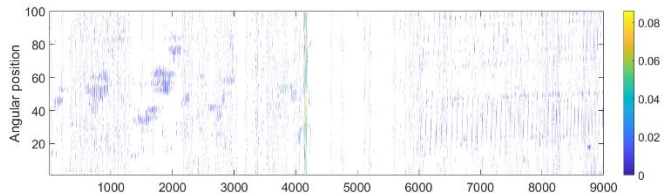
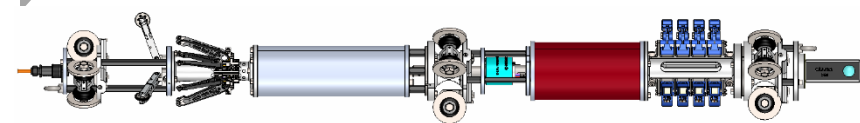


Entalhe longitudinal
(50mm x 0,75mm x
0,89mm)

Solda
circunferencial

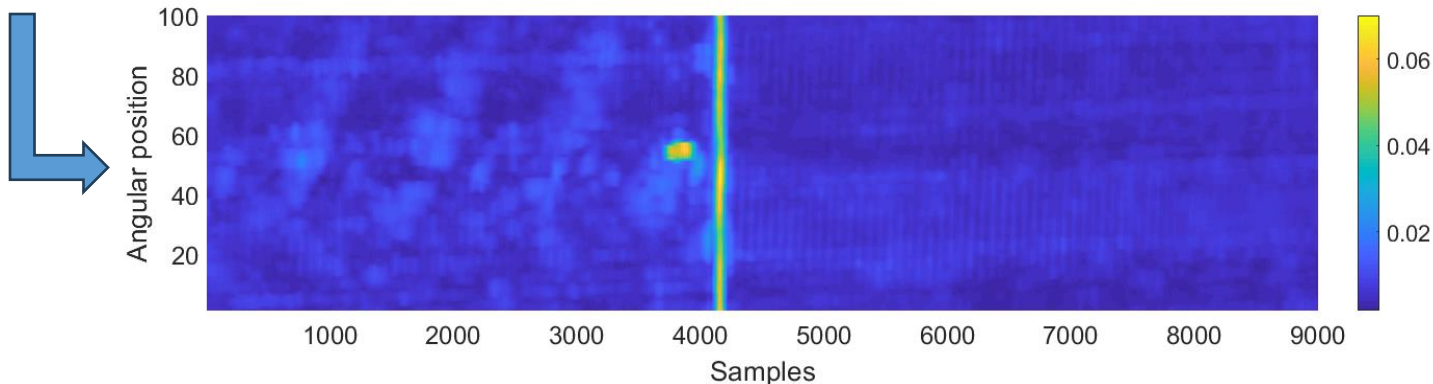


Ferramentas rotatórias



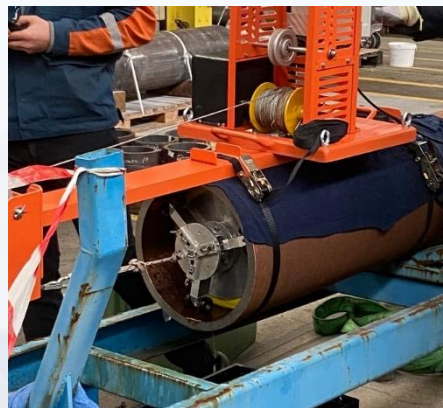
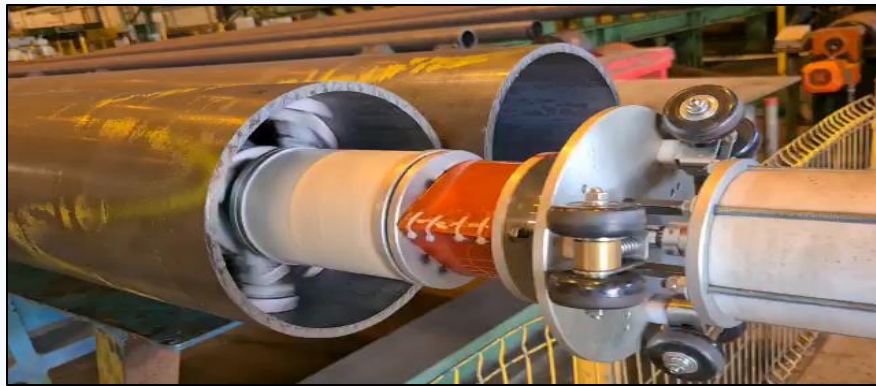
Entalhe longitudinal
(50mm x 0,75mm x
0,89mm)

Solda
circunferencial



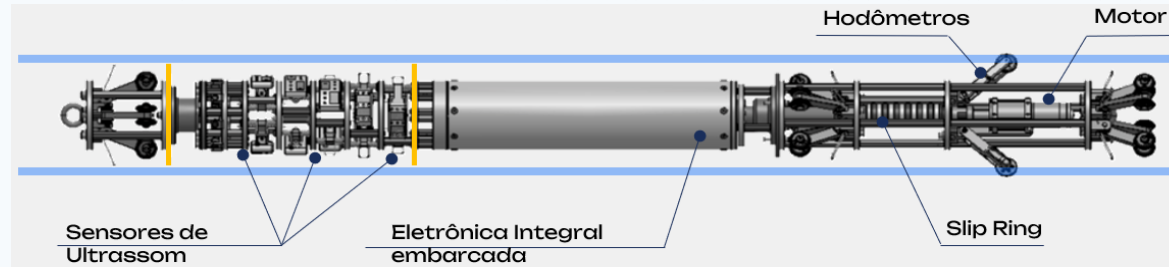
Robôs para Inspeções Automatizadas

Ferramenta Rotatória de Eddy Current



Robôs para Inspeções Automatizadas

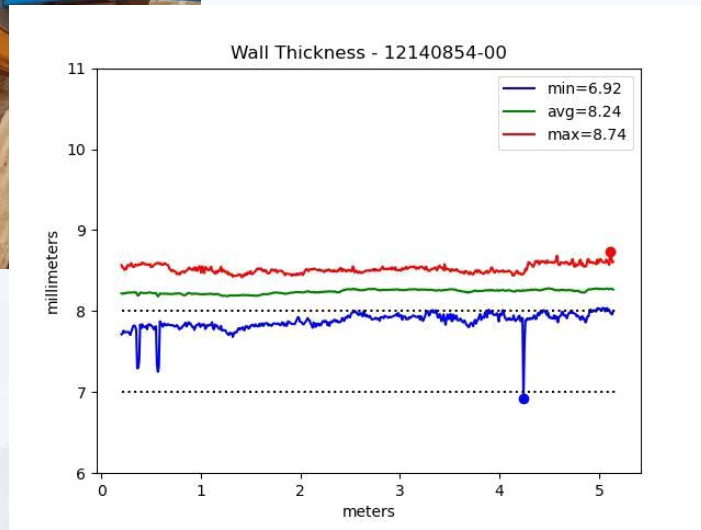
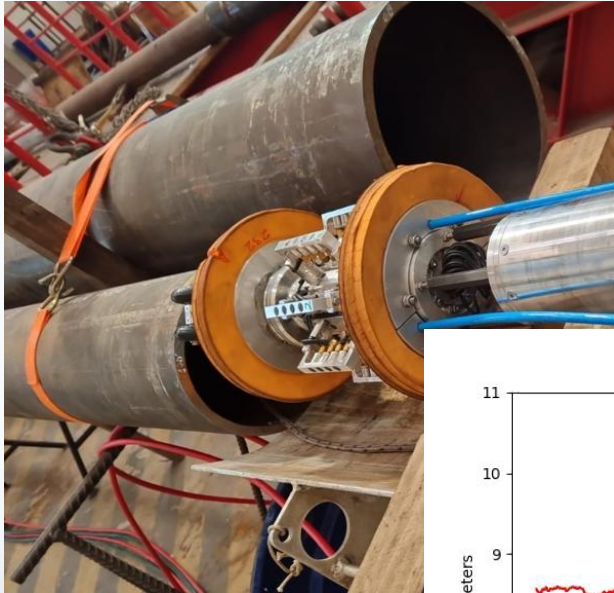
Ferramentas rotatórias: Ultrassom



2023

Robôs para Inspeções Automatizadas

Ferramentas rotatórias: Ultrassom



2023

OBRIGADA!

gpereira@metalmat.ufrj.br

