

Ensaio de corrosão em aços inoxidáveis

Neusvaldo Lira de Almeida

Palestra on-line apresentação na SEMINÁRIO BRASILEIRO DE AÇOS INOXIDÁVEIS COM SOLUÇÃO CONTRA A CORROÇÃO – INOXCORR., 2021., on-line. 32 slides

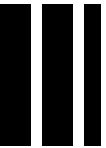
A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. REPRODUÇÃO PORIBIDA



ENSAIOS DE CORROSÃO EM AÇOS INOXIDÁVEIS

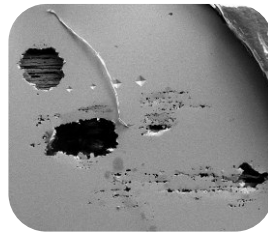
Neusvaldo L. Almeida
neusval@ipt.br

Novembro 2021



- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS ENSAIOS DE CORROSÃO
- CITAR OS PRINCIPAIS TIPOS DE CORROSÃO





Corrosão por
pite



Corrosão
generalizada



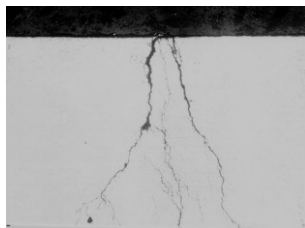
Corrosão
intergranular

Composição
Química



Corrosão em
Frestas

Corrosão sob
tensão



PRINCIPAIS ENSAIOS DE CORROSÃO

- “Composição Química”
- Passivação
- Susceptibilidade à Corrosão intergranular
- Susceptibilidade à Corrosão por pite
- Susceptibilidade à Corrosão em frestas
- Susceptibilidade à Corrosão sob tensão

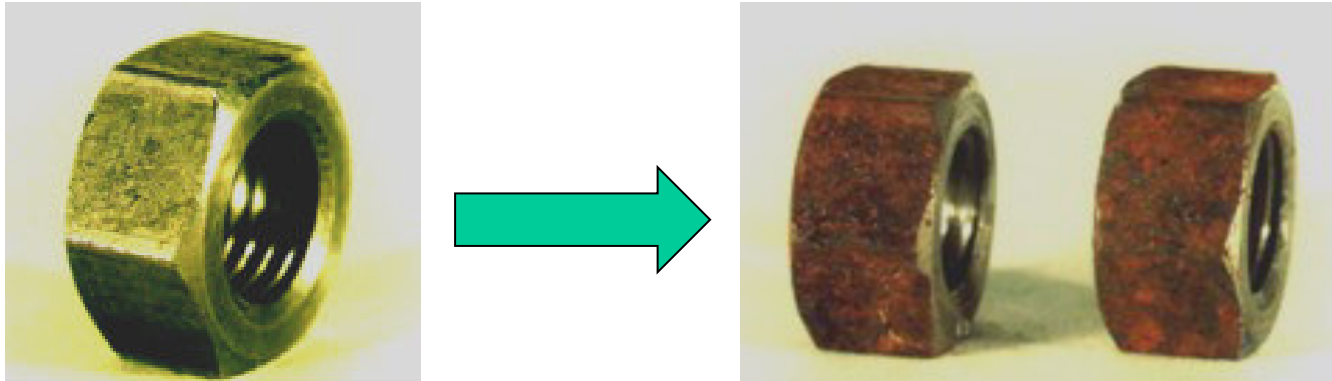
Composição química (austeníticos)

AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti/Nb
304	0.08	2	0.75	0.045	0.03	18–20	8-11	-	-
304L	0.03	2	0.75	0.045	0.03	17-19	8-13	-	-
316	0.08	2	0.75	0.045	0.03	16-18	11-14	2	-
316L	0.03	2	0.75	0.045	0.03	16-18	10-14	2	-

A liga atende à especificação ?

Pode ocorrer problemas porque o material fornecido é diferente do especificado.

PASSIVAÇÃO X CORROSÃO GENERALIZADA



A presença de carepas impede a passivação do material

CARACTERIZAÇÃO: COMPOSIÇÃO QUÍMICA

PASSIVAÇÃO

ASTM A967/A967M-17 ⓘ

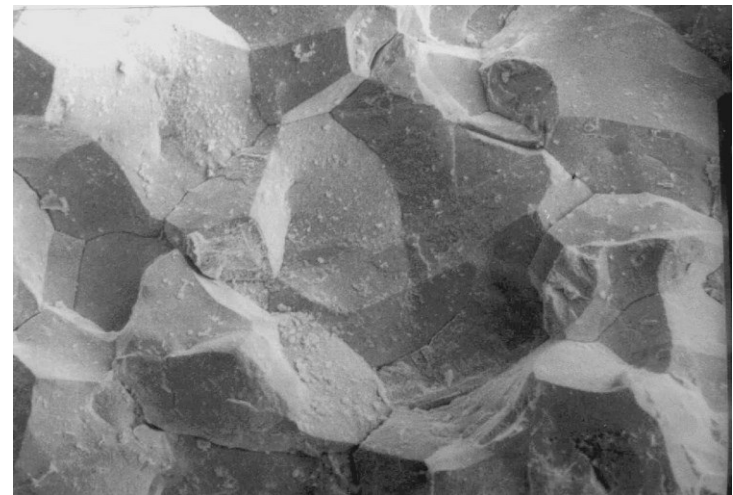
Standard Specification for Chemical Passivation Treatments for Stainless Steel Parts

Prática A – Imersão em água (12 ciclos: 1 h + 1 h)	Sem manchas
Prática B – Câmara úmida – 24 h	Sem manchas
Prática C – Salt Spray – 2 h	Sem manchas
Prática D – $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ – 6 min.	Sem depósito de Fe
Prática E – Ferricianeto de K e HNO_3 – 30 s.	Sem depósito de Fe
Prática F – Tecido úmido – 60 min.	Sem manchas
Prática G – Imersão em água fervente	Sem manchas



Corrosão intergranular

ASTM A 262 - Standard Practices
for Detecting Susceptibility to
Intergranular Attack in Austenitic
Stainless Steels



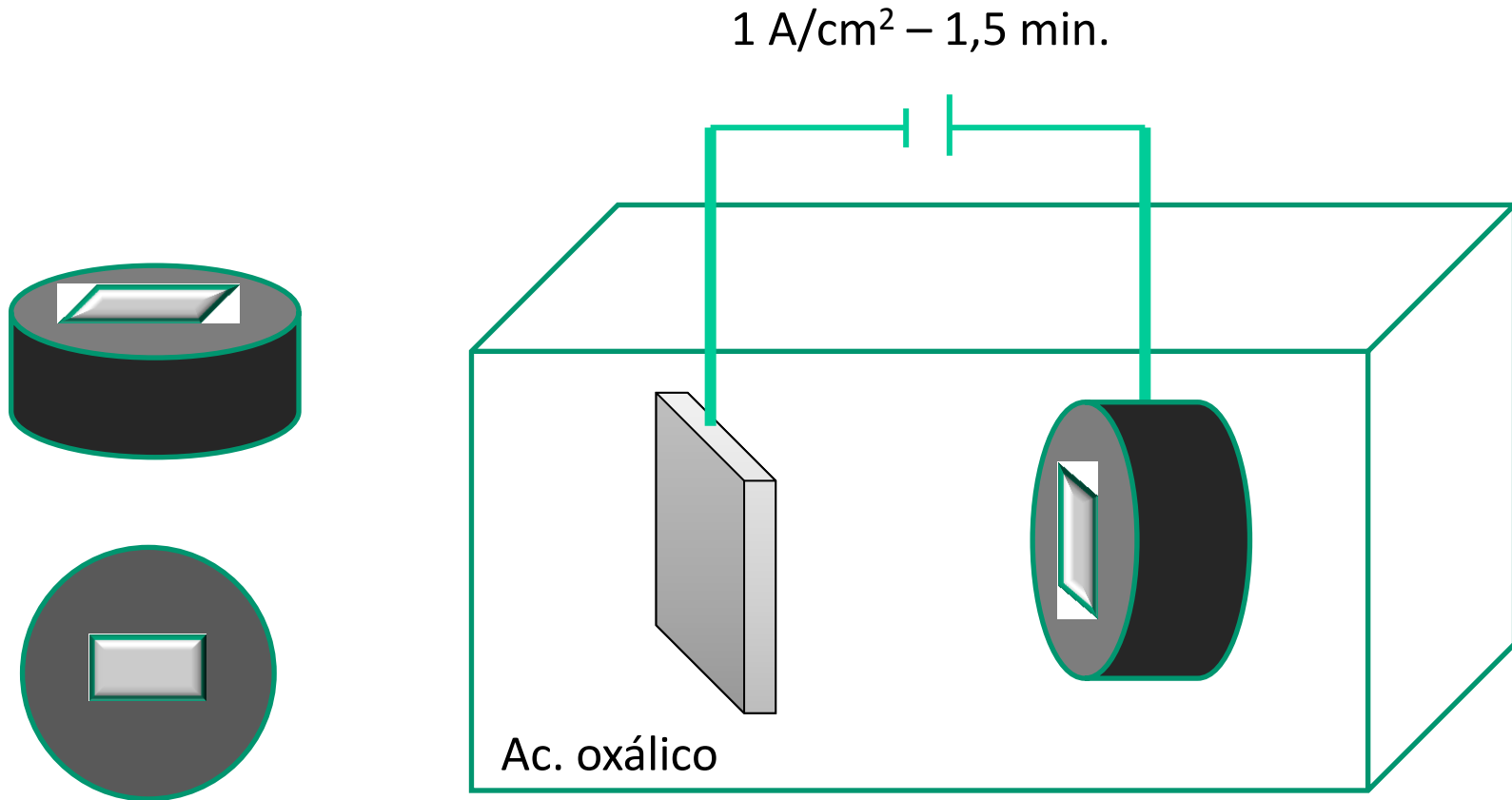
ASTM A 262 - Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels

Aplicável para:

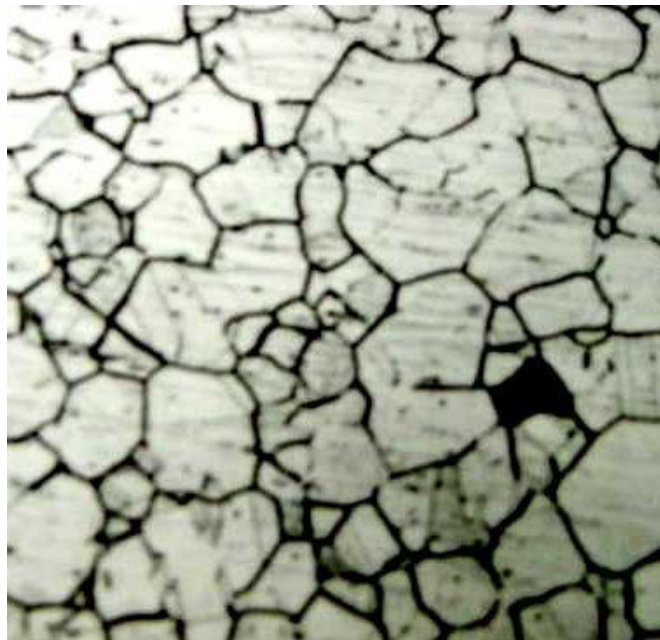
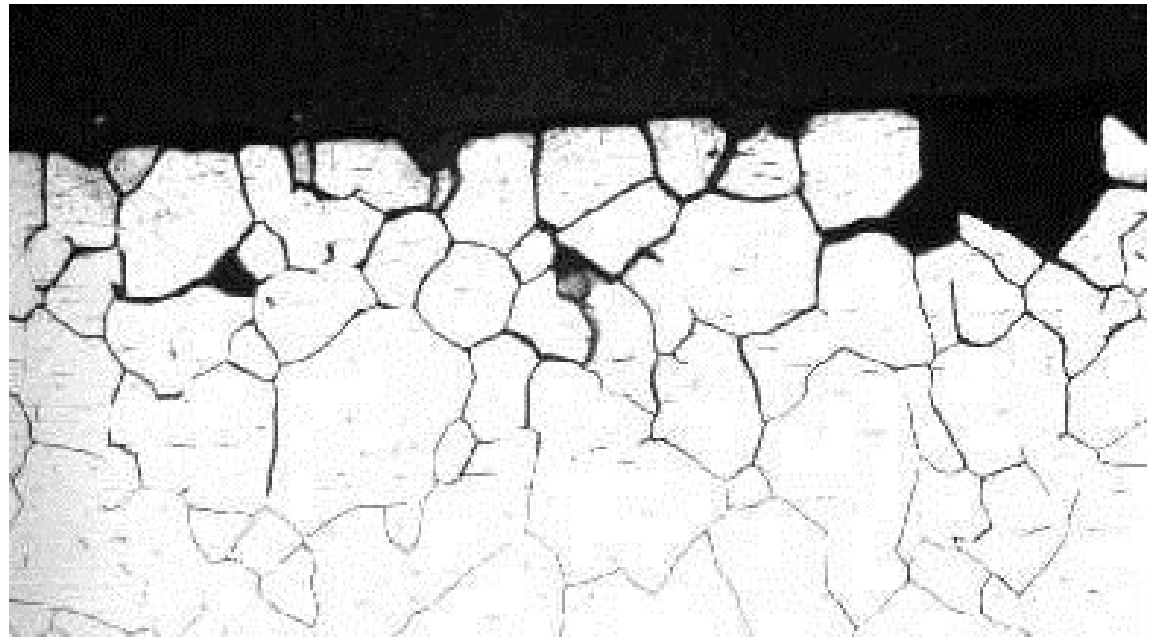
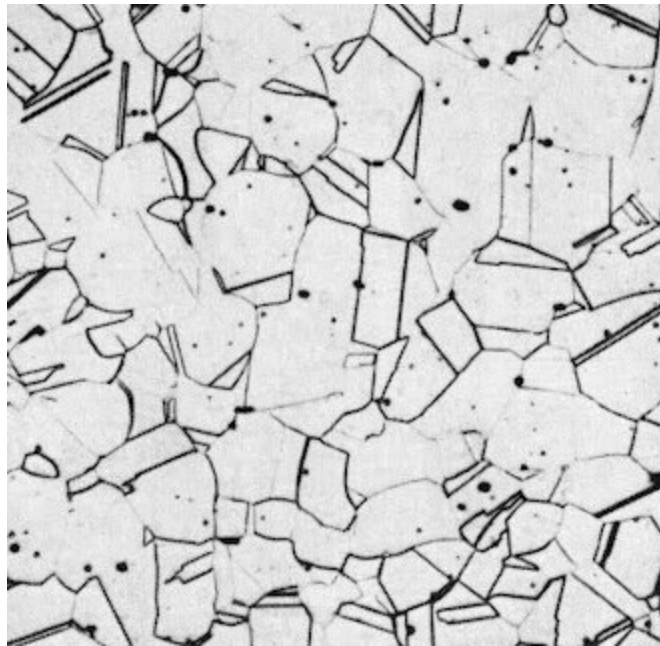
201, 202, 301, 304, 304L, 316, 316L, 317, 317L,
321, 347, CF-3, CF-8, CF-3M CF-8M

- **Prática A:** ataque eletrolítico;
- **Prática B:** perda de massa em solução ácida de sulfato férrico;
- **Prática C:** perda de massa em ácido nítrico;
- **Prática E:** ataque em solução ácida de sulfato de cobre e verificação de aparecimento de trincas;
- **Prática F:** perda de massa em solução ácida de sulfato de cobre.

Prática A: ataque eletrolítico



Não reprova o material.

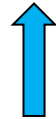
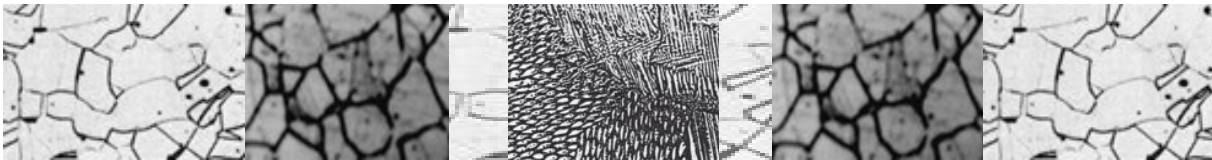


Aços tipo L ou
estabilizados, após
tratamento de sensitização

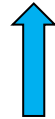
MB

MS

MB



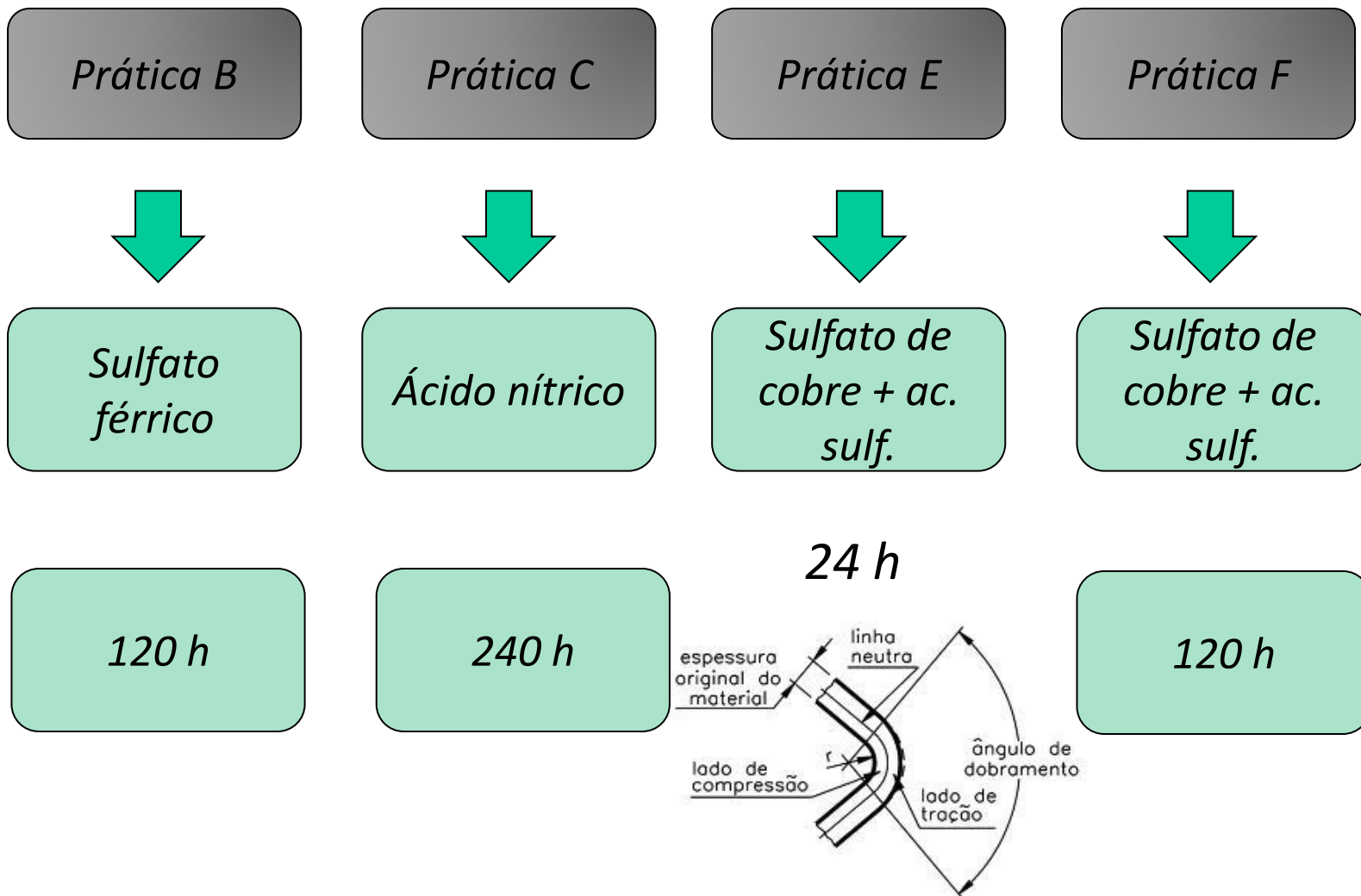
ZAC



ZAC

321 e 347 ...

ASTM A 262 - Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels

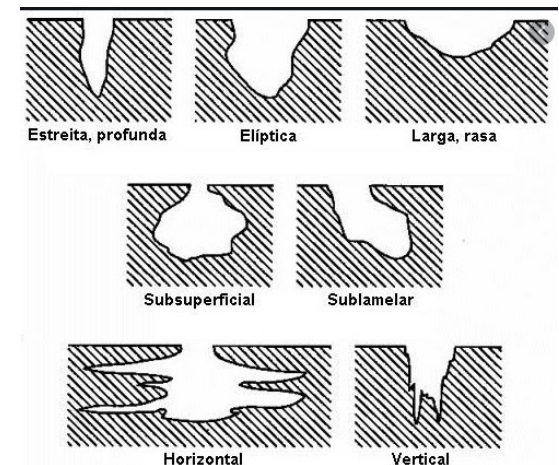


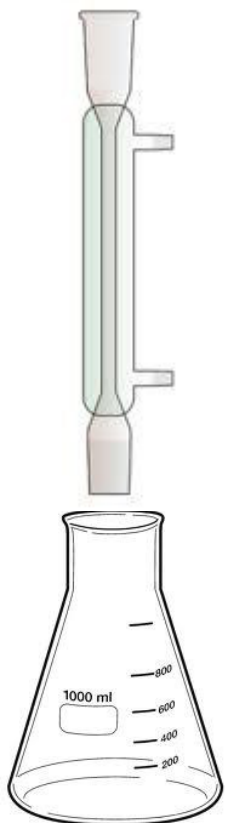
CORROSÃO POR PITE

Ensaio mais comum é em cloreto férrico: Este ensaio é largamente utilizado para avaliar a susceptibilidade relativa entre materiais diferentes ou mesmo como ensaio de verificação do padrão de qualidade.

ASTM G48-11(2015)

Standard Test Methods For Pitting And Crevice Corrosion
Resistance Of Stainless Steels And Related Alloys By Use Of
Ferric Chloride Solution





Solução

100 g de Cloreto férrico em 900 mL de água

600 mL da solução em um recipiente de 1000 mL

Relação área/solução – 5 mL/cm²

Temperatura: (22 a 50) °C

Tempo sugerido: 72 h.

Como avalia ...

Avaliação do ensaio em cloreto férrico:

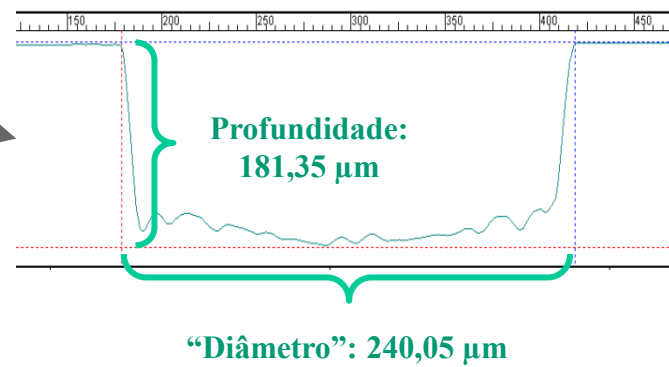
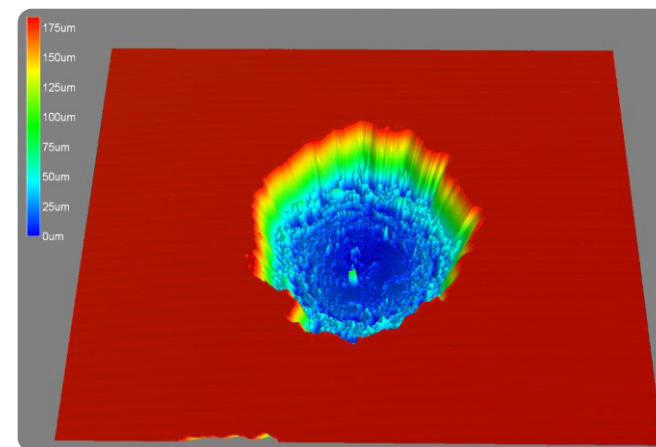
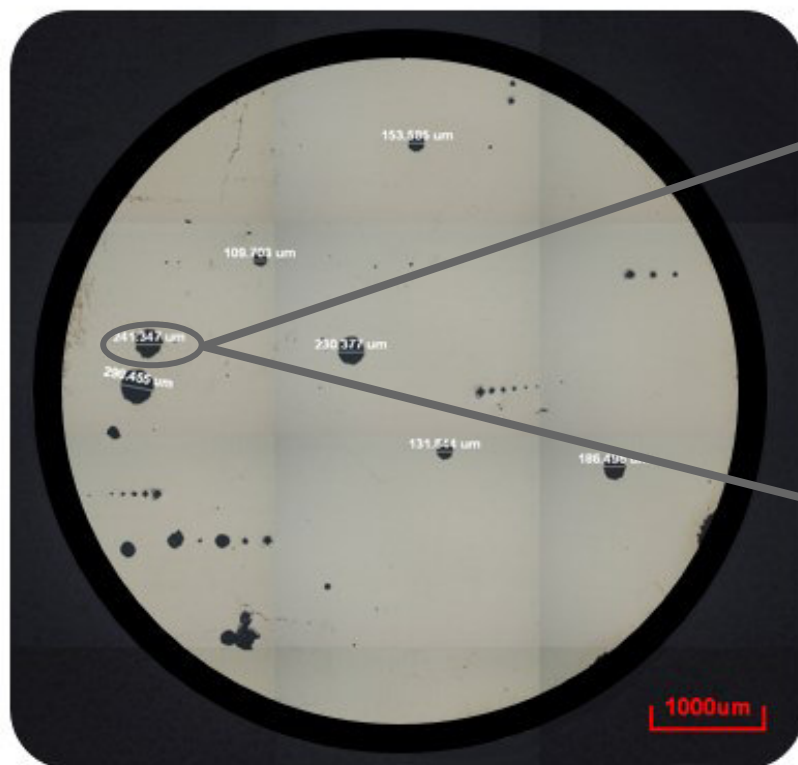
- Perda de massa;
- Tempo para aparecimento de pites;
- Densidade de pites (num. pites por unidade de área);
- Área da superfície;
- Profundidade de pites;
- Análise metalográfica: tipo de pite, fatores determinantes (inclusões, defeitos).

Aço 304



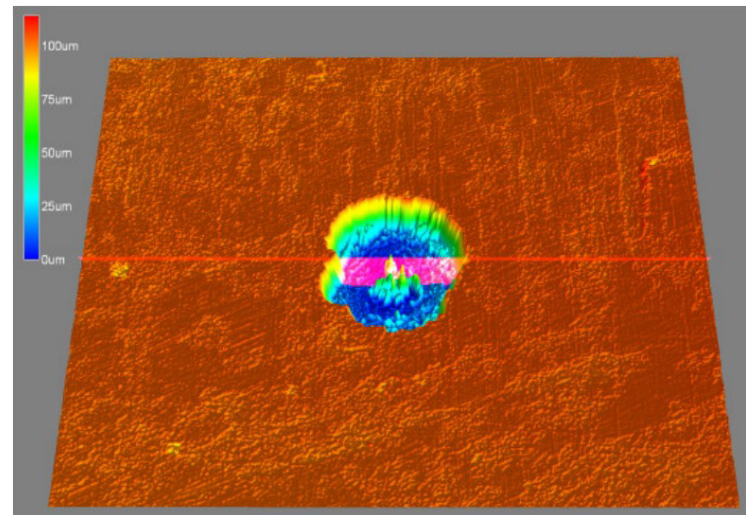
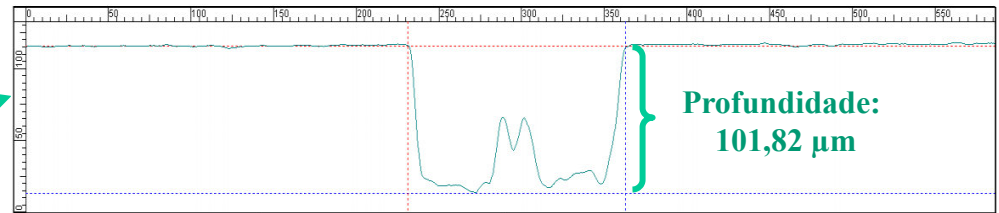
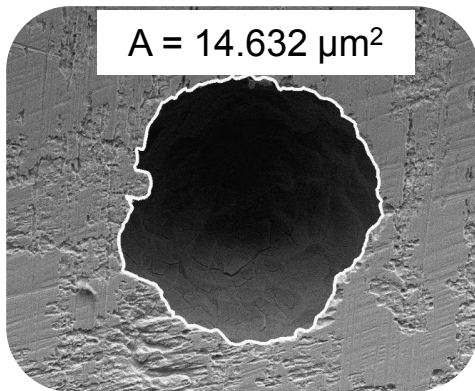
Densidade de Pites

Aço 304



Aço 304

✓ Dimensões do pite



$$V = 1,5 \times 10^6 \mu\text{m}^3 = 0,0015 \text{ mm}^3$$

TEMPERATURA CRÍTICA DE PITE

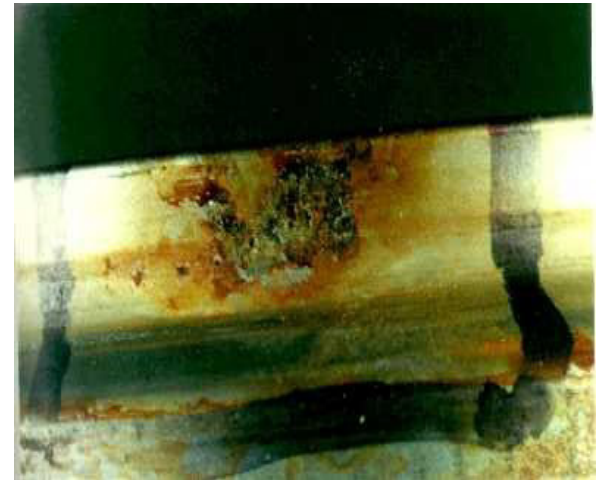
Ensaio de imersão em cloreto férrico

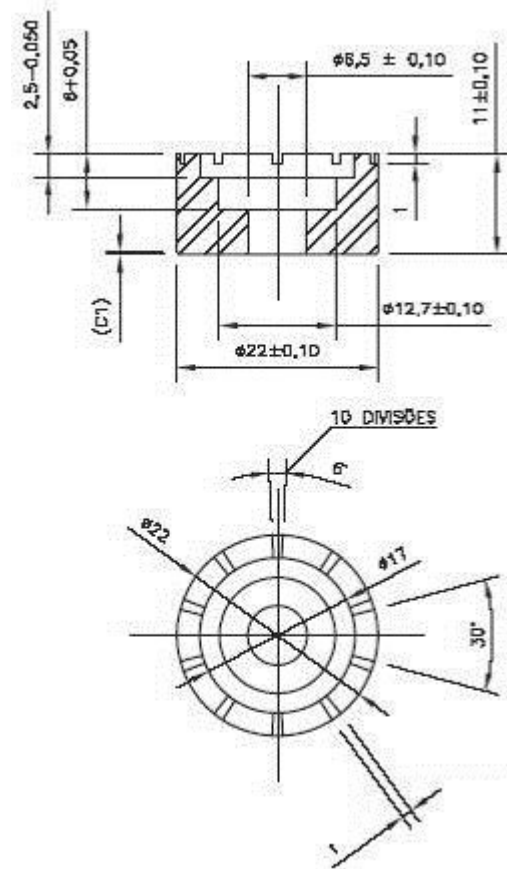
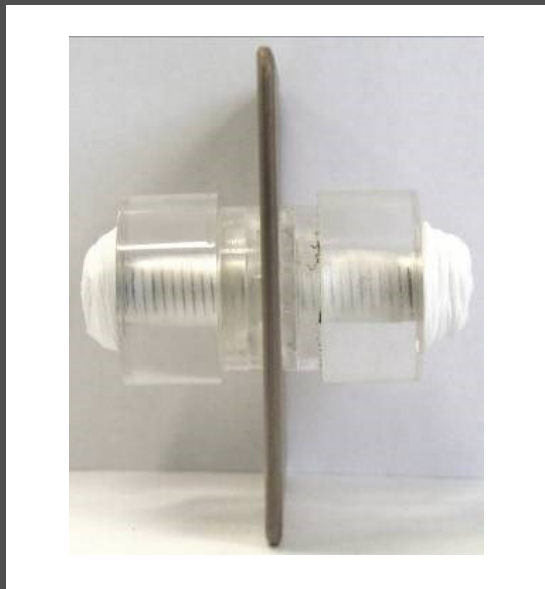
- Determinar a temperatura crítica para a ocorrência de corrosão por pite
- $TCP (^{\circ}C) = (2,5 \times \% Cr) + (7,6 \times \% Mo) + (31,9 \times \% N) - 41$
- Intervalo = 0 °C a 85 °C

CORROSÃO EM FRESTAS

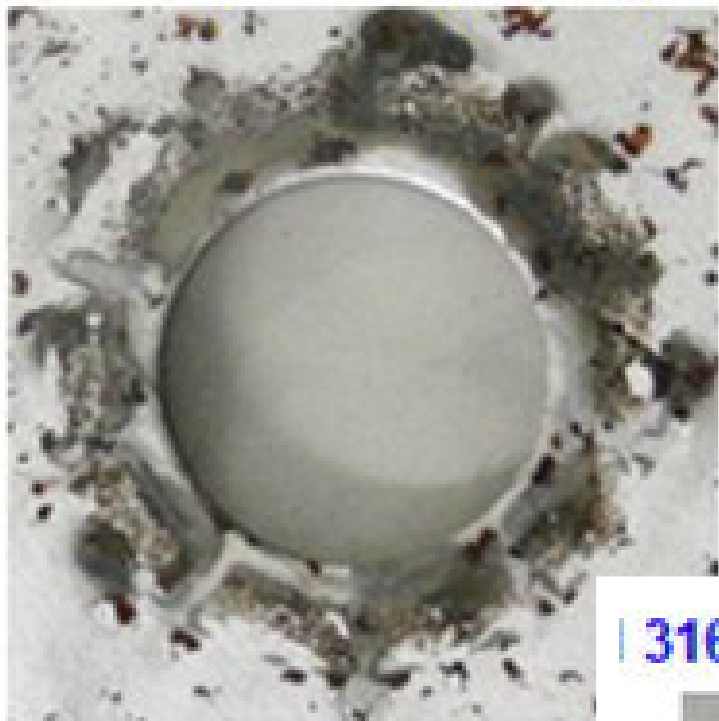
ASTM G48-11(2015)

Standard Test Methods For Pitting And Crevice Corrosion
Resistance Of Stainless Steels And Related Alloys By Use Of
Ferric Chloride Solution





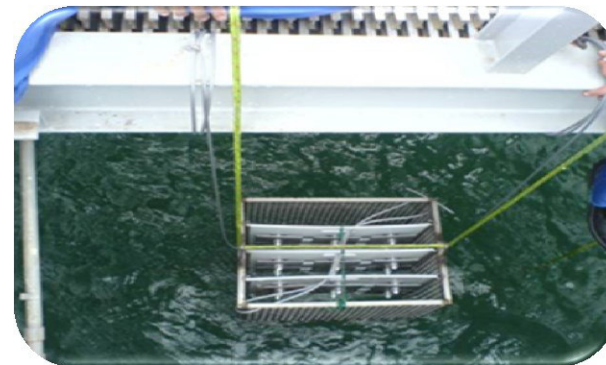
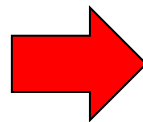
AISI 420: corpos de prova jateados



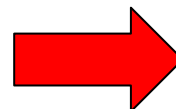
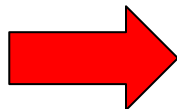
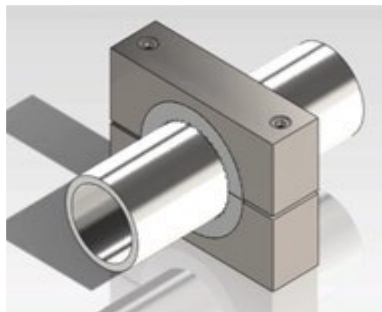
316L: corpos de prova jateados



CORROSÃO EM FRESTA EM AMBIENTE NATURAL

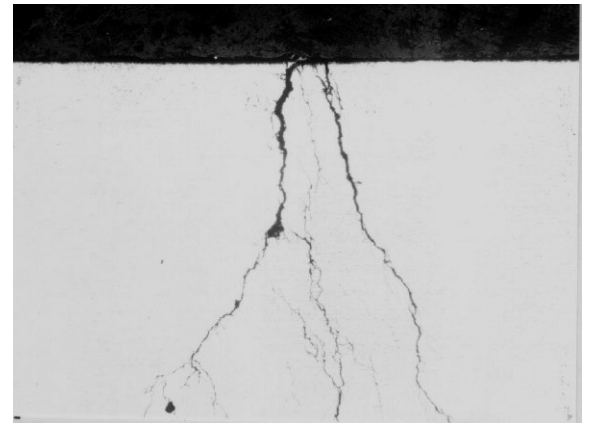


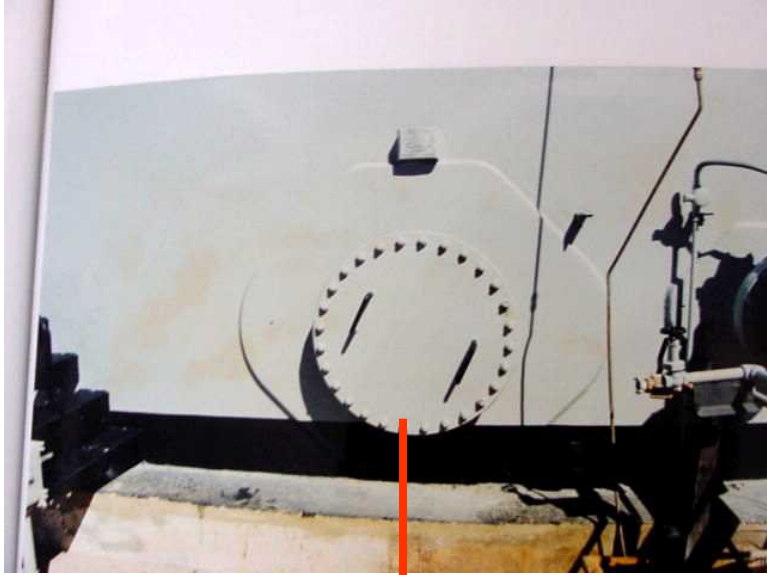
Plataforma flutuante



CORROSÃO SOB TENSÃO

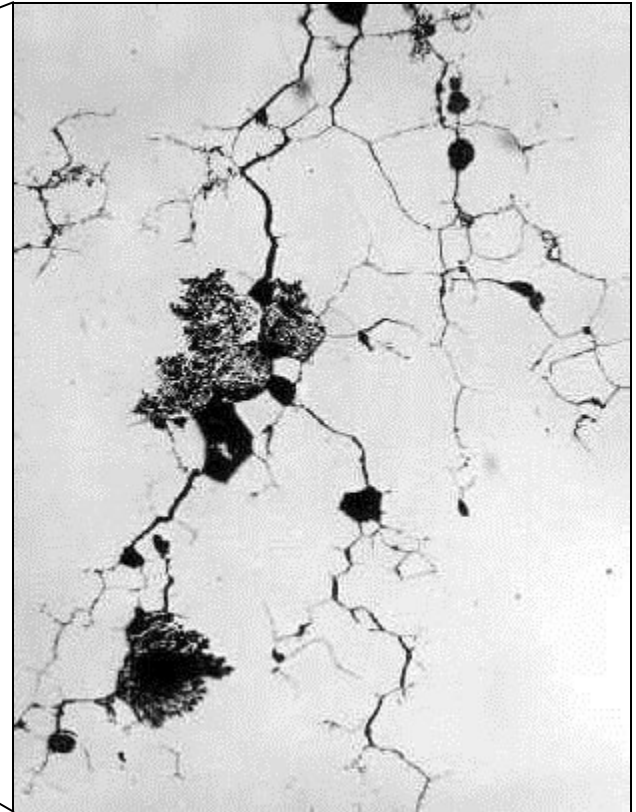
ASTM G36 - Standard Practice for
Evaluating Stress-Corrosion-Cracking
Resistance of Metals and Alloys in a
Boiling Magnesium Chloride Solution



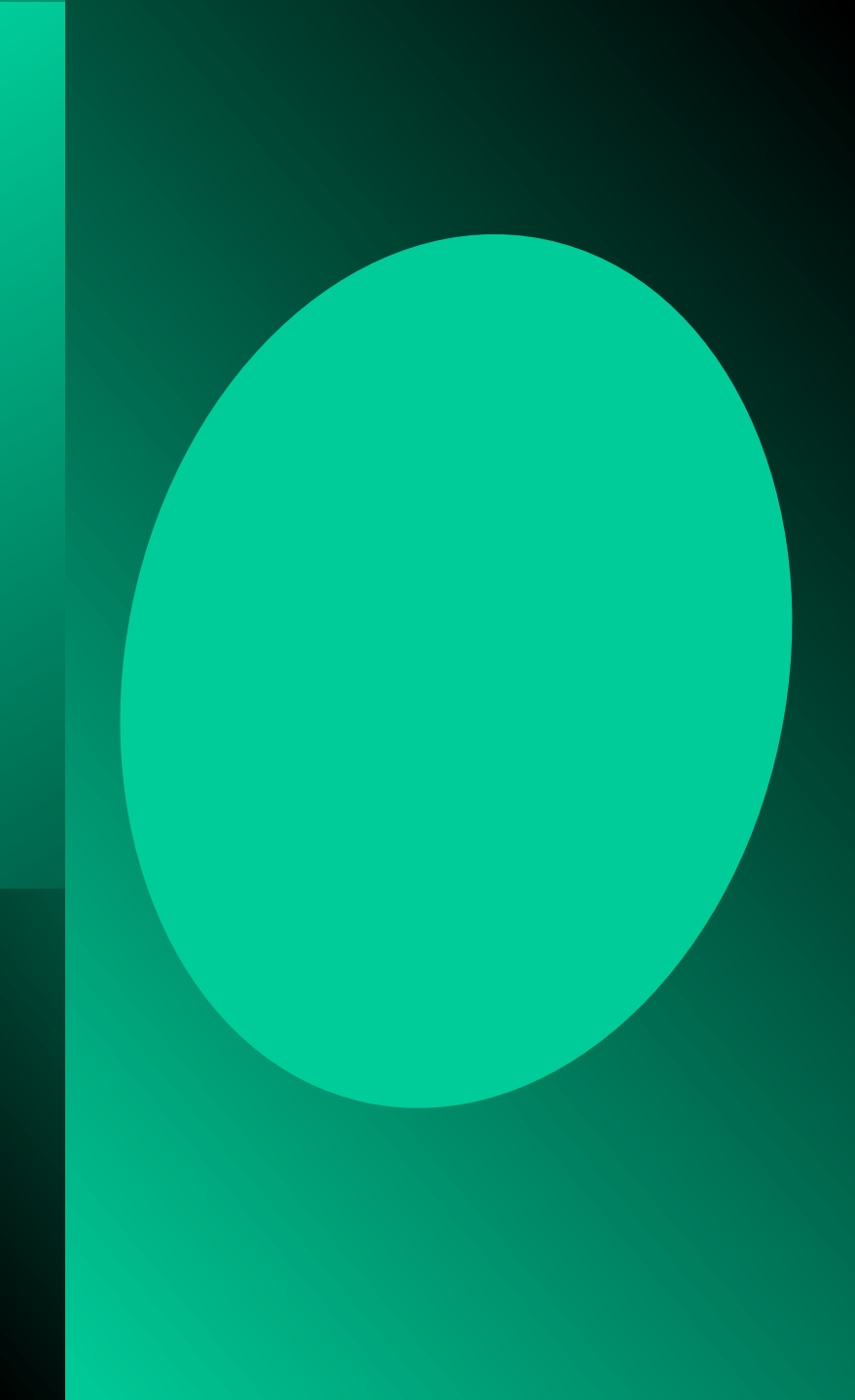




Corrosão generalizada



Corrosão localizada
(Pites e trincas intergranulares)

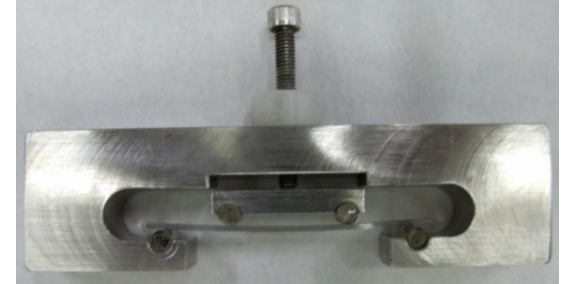


ASTM G 36: Cloreto de magnésio

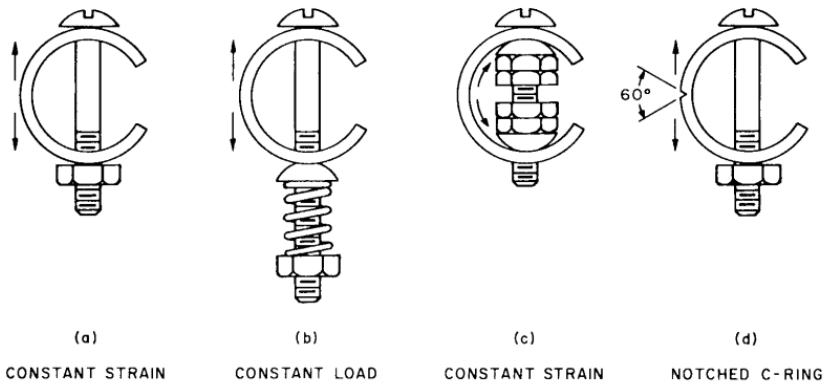
- aplicável: aços inoxidáveis trabalhados, fundidos e soldados;
- método de verificação do efeito da composição, tratamento térmico, acabamento superficial, microestrutura e tensão em meio cloretado;
- Corpos de prova submetidos a diferentes níveis de tensão são imersos em solução de cloreto de magnésio em ebulição (155 °C) e avaliados quanto ao aparecimento de trincas.

ASTM G39-99(2021) ①

Standard Practice for Preparation and Use of Bent-Beam Stress-Corrosion Test Specimens



ASTM G 38





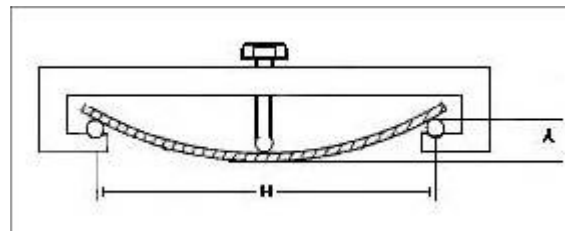
Proof ring



**Ensaaios de corrosão sob tensão
em autoclaves**



Ensaaios BTB



Muito obrigado!