cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Influência do escoamento nos mecanismos de corrosão do aço carbono API 5L X65 em ambientes com CO_2

C.E.V. Masalla[1]; R. C. Souza[1]; M. L. F. da Silva[1]; L. C. Santos[1]; G. Vilalta-Alonso[1]; J. A. C. Ponciano Gomes[2]; A. H. S. Bueno[1]
1. CESTEq – Centro de Engenharia de Superfícies, Tribologia, Eletroquímica e Corrosão, DEMEP/UFSJ – São João del-Rei, Brasil;
2. LabCorr – Laboratório de Corrosão, PEMM/COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro, Brasil.

Introdução

O impacto do escoamento na corrosão interna de dutos foi investigado neste estudo. O aço carbono API 5L X65 foi avaliado por meio de ensaios em autoclave com e sem escoamento. Defeitos artificiais foram usinados nas amostras submetidas às condições de escoamento, a fim de avaliar a propagação da corrosão.

Objetivos

Avaliar como o escoamento, a temperatura, a pressão de CO_2 e o ácido acético afetam a corrosão do aço API 5L X65 e a evolução da corrosão localizada em defeitos artificiais.

Metodologia

Tabela 1. Matriz Experimental

Condições	Sistema	pCO_2 (bar)	Temperatura (°C)	[NaCl] (ppm)	[HAc] (ppm)	Rotação (rpm)	Duração (dias)
C1	Teste de imersão	2	60	60000	---	---	10
C2	Teste de imersão	2	25	60000	---	---	10
C3	Teste de imersão	2	60	60000	1000	---	10
C4	Teste de imersão	10	60	60000	1000	---	10
C5-GR	Gaiola Rotatória	10	60	60000	1000	800	10

Resultados e Discussão

Nos ensaios estáticos, C2 não formou filme de $FeCO_3$, C1 e C3 formaram filmes de baixa densidade, com substrato exposto, e C4 formou um filme compacto e denso. Ainda assim, C4 teve a maior taxa de corrosão dentre as condições estáticas (1,71 mm/ano), pois a pressão de CO_2 mais alta intensificou o ataque. Na condição C3, o ácido acético comprometeu o filme e elevou a taxa de corrosão em relação à condição sem o reagente (C1).
Na condição C5-GR, igual a C4 mas com escoamento, a taxa chegou a 3,13 mm/ano, cerca de 1,8 vez maior que a de C4.

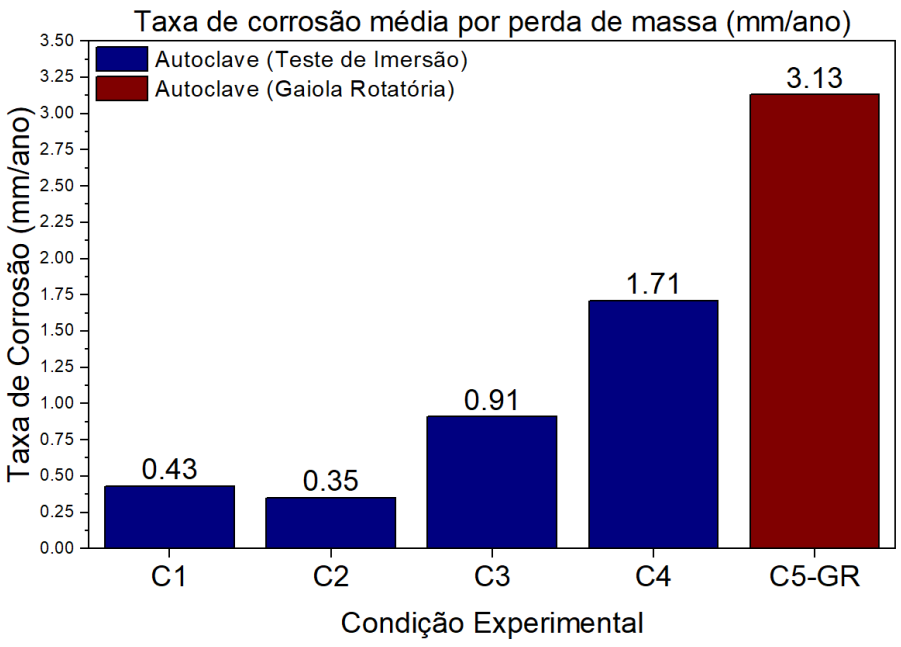


Figura 1. Taxa de corrosão por condição experimental (C1–C4: imersão; C5-GR: gaiola rotatória).

O escoamento desplaca o filme de $FeCO_3$ e favorece a corrosão localizada: os defeitos artificiais cresceram (Fig. 2) e pites naturais surgiram somente nesta condição (Fig. 3). O CFD indica maior cisalhamento nas bordas dos defeitos (Fig. 4).

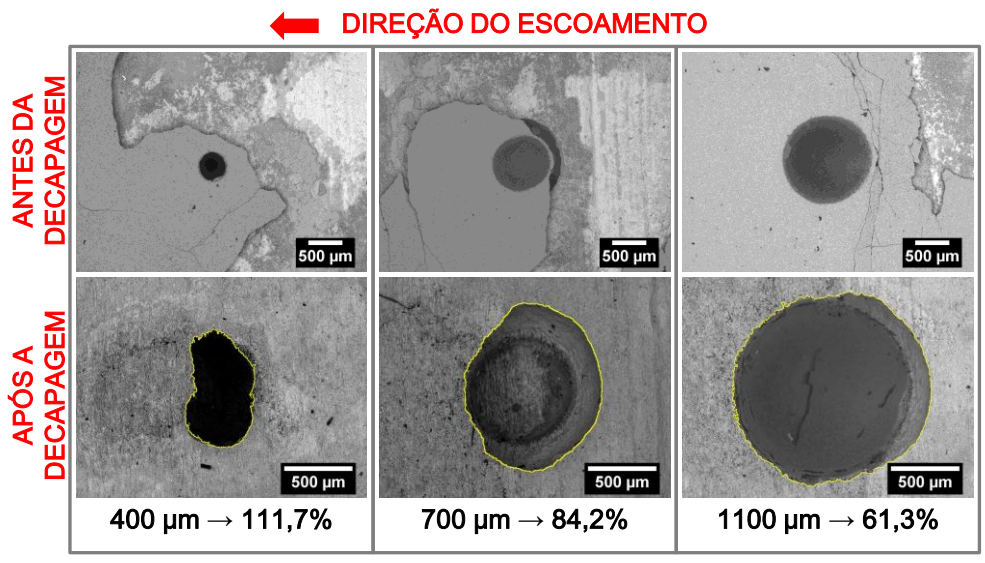


Figura 2. MEV dos defeitos artificiais (face interna, C5-GR) antes (40×) e após (80×) a decapagem; aumento da área.

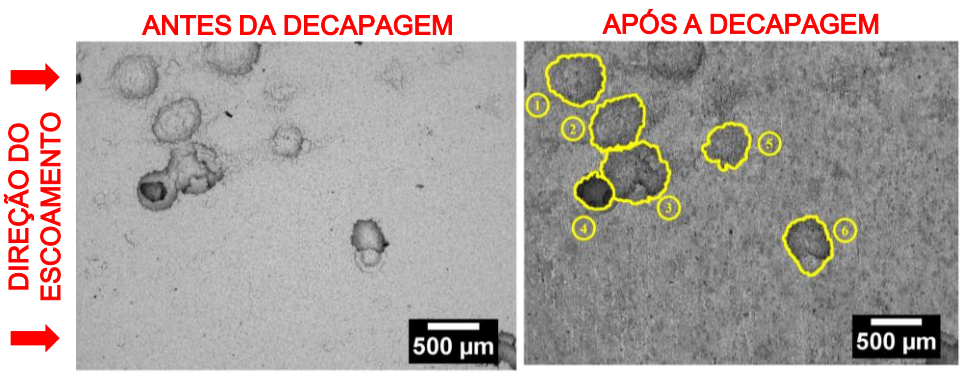


Figura 3. MEV (40×) de pites naturais na face externa (C5-GR), antes e após a decapagem.

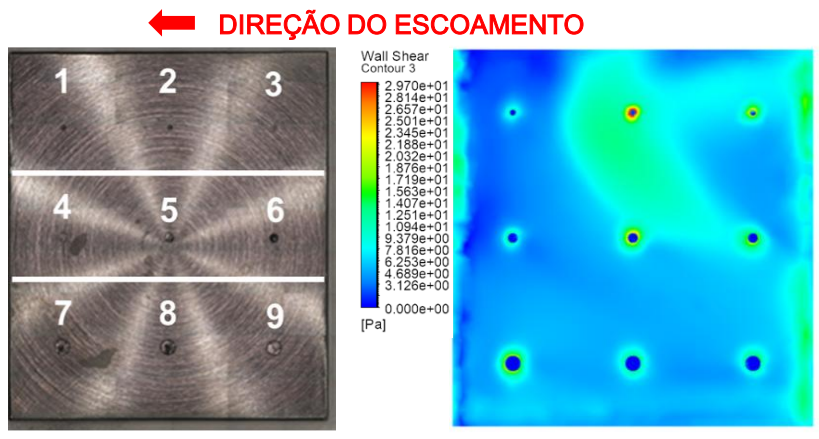


Figura 4. Amostra com defeitos artificiais (1–9) e tensão de cisalhamento na parede obtida por CFD.

Conclusões

- Maior temperatura e pressão de CO_2 intensificaram o ataque, mesmo com a formação de $FeCO_3$.
- O ácido acético prejudicou o filme de $FeCO_3$ em baixa pressão de CO_2, elevando a corrosão.
- O escoamento desplacou o filme de $FeCO_3$, favorecendo a corrosão localizada.
- O CFD indicou maior cisalhamento nas bordas dos defeitos, intensificando o ataque.
- Pites naturais se formaram apenas sob a condição dinâmica.

Referências e Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, além do apoio da FAPEMIG, do CNPq, do FQMAT, do PPMEC, do CESTEq e da UFSJ.

MOREIRA, Gabriela P. C.; RESENDE, Bárbara L.; SILVA, Isabela A. F.; SOUZA, Rhuan C.; SANTOS, Luan C.; GOMES, José A. C. P.; OLIVEIRA, Jefferson R.; VILALTA-ALONSO, Guillermo; BUENO, Alysson H. S. Evaluation the Propagation of Localized Corrosion Induced by Flow in Different Concentrations of Sodium Chloride and in the Presence of Corrosion Inhibitor. Materials Research, [S. l.], v. 27, p. 1–14, 2024. DOI: 10.1590/1980-5373-MR-2023-0561.
SOUZA, Rhuan Costa et al. Advancements in ASTM G170 Rotating Cage: Geometric Modifications and Impacts on the Fluid Dynamics and Uniformity of Wall Shear Stresses. Corrosion, [S. l.], v. 81, n. 8, 2025. DOI: 10.5006/4656.
SOUZA, Rhuan Costa et al. Experimental and Computational Fluid Dynamics Investigations of Impact of Rotating Cage Fluid Dynamics on the Sweet/Sour Corrosion Product Formation. Corrosion, [S. l.], v. 82, n. 3, 2026. DOI: 10.5006/4844.

CAPES