

## ESTUDO DO PROCESSO CORROSIVO E PROSPECÇÃO DA VIDA ÚTIL DO AÇO API 5L X70 COM E SEM REVESTIMENTO DE NIÓBIO EM SOLO QUIMICAMENTE TRATADO\*

Fabírcia Nunes de Jesus Guedes<sup>1</sup>  
Fernanda Menezes França<sup>2</sup>  
Gustavo Victor Souza<sup>3</sup>

### Resumo

O estudo dos processos corrosivos tem crescido bastante e o conhecimento tanto dos princípios da corrosão quanto da proteção anticorrosiva é fundamental para buscar soluções para mitigar suas adversidades, prevenir sua ocorrência e desenvolver materiais melhor aplicados. Os aços API 5L X70 são utilizados em malhas dutoviárias que transportam petróleo e seus derivados exigindo elevada resistência mecânica e à corrosão. O objetivo do presente trabalho é avaliar o processo de corrosão em amostras de aço X70 com e sem revestimento de nióbio por pulverização metálica em solo quimicamente tratado. Foram preparados e colocados 38 corpos de prova, em caixas de madeira contendo solo. O monitoramento é feito semanalmente com medição de pH e da ddp e adição das soluções ácidas ( $H_2SO_4$ ) e básicas ( $Ca(OH)_2$ ) nas concentrações de 1,5; 3 e 4,5%. Após o ensaio corrosivo serão aplicadas técnicas como difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura com a finalidade de identificar os agentes e mecanismos de corrosão envolvidos, observar a morfologia e a microestrutura dos produtos de corrosão, permitindo analisar o tipo de corrosão, a perda de massa e/ou modificação da estrutura na superfície e ao longo da espessura. Como resultados espera-se uma eficiência e viabilidade técnica do revestimento.

**Palavras-chave:** Corrosão; Aço API 5L X70; Nióbio; Solo.

## STUDY OF CORROSIVE PROCESS AND SERVICE LIFE PROSPECTION OF API 5L X70 STEEL WITH AND WITHOUT NIOBIUM COATING IN CHEMICALLY TREATED SOIL

### Abstract

The study of corrosive processes has grown greatly and knowledge of both the principles of corrosion and corrosion protection are fundamental to seek solutions to mitigate their adversities, prevent their occurrence and develop better applied materials. API 5L X70 steels are used in pipelines that transport oil and its derivatives requiring high mechanical strength and corrosion. The objective of the present work is to evaluate the corrosion process in samples of X70 steel with and without niobium coating by metallic spraying in chemically treated soil. 38 specimens were prepared and placed in wood boxes containing soil. The monitoring is done weekly with pH and ddp measurements and addition of acid solutions ( $H_2SO_4$ ) and basic ( $Ca(OH)_2$ ) in concentrations of 1,5; 3 and 4,5%. After the corrosive test, techniques such as X-ray diffraction and scanning electron microscopy will be applied in order to identify the corrosion agents and mechanisms involved, to observe the morphology and microstructure of the corrosion products allowing to analyze the type of corrosion, the loss of mass and / or modification of the structure at the surface and along the thickness. The expected results are the efficiency and technical feasibility of the coating.

**Keywords:** Corrosion; API 5L X70 steel; Niobium; Soil.

<sup>1</sup> *Bacharelado e Licenciatura em Química, Mestrado em Química pela UFV, Especialista em Gestão Ambiental, Professora efetiva, Departamento de Ciências Exatas Aplicadas e dos Materiais, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.*

<sup>2</sup> *Graduanda em Engenharia Metalúrgica, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.*

<sup>3</sup> *Graduando em Engenharia Metalúrgica, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

A grande versatilidade e o extenso campo de atuação do aço fazem com que ele seja muito utilizado submerso no solo na construção de imensas tubulações, minerodutos e tanques para o transporte de combustíveis. Com o aumento da demanda energética, a ampliação e a construção de novos oleodutos e gasodutos tem sido incentivada (RITA, 2014) [1].

O transporte por dutos é o modo mais barato, porém deve ser realizado com confiabilidade e segurança operacional para evitar prejuízos econômicos e principalmente ambientais, conforme Santos (2003) [2]. Nesse sentido, houve a necessidade do desenvolvimento de novos materiais e técnicas de processamento capazes de atender às solicitações de projetos estruturais para transporte de óleo e gás. (ITMAN et al., 2015) [3].

Os chamados aços ARBL (Alta resistência e Baixa Liga) foram desenvolvidos para melhor atender as indústrias energéticas, fabricação de tubos e outros. Com isso a utilização de aços ARBL tem sido crescente por apresentarem elevado limite de resistência mecânica, boa tenacidade, boa conformabilidade e boa soldabilidade devido ao baixo carbono equivalente, considerando as circunstâncias adversas em que são submetidos (RITA, 2014) [1].

O aço API 5L X70, tornou-se padrão mundial na construção de dutos, desde a década de 80 até os dias atuais, sendo que o primeiro duto utilizando tubos X70 foi construído na Alemanha ainda na década de 70. Aços de alta resistência à tração são produzidos até o grau X70 possibilitando aumento da pressão interna de trabalho em espessuras mais baixas, reduzindo o custo de instalação das linhas (BRAND et al., 2013) [4]. Contudo, esse constante contato dessas estruturas, com o passar do tempo, faz com que fiquem exposta à ação corrosiva. Isto envolve diretamente custos elevados com inspeção, manutenção e a substituição de peças, e indiretamente devido a problemas de saúde oriundos de contaminação, exaurimento de recursos, perfurações com perdas de materiais e danos ambientais. O estudo dos processos corrosivos tem crescido bastante e o conhecimento tanto dos princípios da corrosão quanto da proteção anticorrosiva é fundamental para buscar soluções para mitigar suas adversidades, prevenir sua ocorrência e desenvolver materiais melhor aplicados (MARTINS, 2012) [5].

A corrosão ocorre em diferentes meios, sendo os mais frequentemente encontrados a atmosfera, a água, o solo e os produtos químicos. Como o objetivo deste trabalho é o estudo da corrosão de aço que pode ser empregado em dutos, o meio corrosivo em questão será o solo, considerado bem complexo devido à grandes quantidades de variáveis. Além disso as características físico-químicas como presença de água e de microorganismos, porosidade (aeração), umidade, sais solúveis e gases no solo, potencial hidrogeniônico, a resistividade elétrica e o potencial redox devem ser consideradas, pois podem intervir diretamente.

Gentil (2007) [6] afirma que o solo é um dos meios corrosivos mais complicado de se estudar, pois é difícil estabelecer antecipadamente sua ação agressiva para os materiais metálicos. Devido à dificuldade em compreender este ambiente corrosivo, esta temática ainda não é muito investigada se comparada a outros meios corrosivos.

Dentre algumas das alternativas hoje utilizadas para se proteger, e desta forma, aumentar a vida útil de um aço é fazer o seu revestimento com outros materiais que metálicos ou não.

O Nióbio é um destes metais que pode ser empregado para este destino. Ele vem sendo amplamente estudado como protetor contra a corrosão de diversos materiais metálicos, devido à elevada resistência e compatibilidade que apresenta. Este elemento é resistente à corrosão grandes regiões de passivação e não apresentar corrosão à temperatura ambiente, conforme Mariano et al (2007) [7]. Portanto, o revestimento de nióbio pode ser promissor para se evitar corrosão, visando a minimização de gastos com reparos e avarias, proporcionando um tempo maior de vida dos equipamentos e instalações industriais.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Materiais

As amostras do aço API 5L X70 empregadas neste trabalho são provenientes de um tubo de 3/8" de espessura e diâmetro externo de 12" e comprimento de 60 cm, conforme a figura 1. A tabela 1 traz a composição química do metal determinado pela norma API para o aço grau 70.

Tabela 1. Composição Química do aço API 5L X70

Grau	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb+Ti+V	C <sub>eq</sub>	P <sub>cm</sub>
X70	0,12	0,45	1,7	0,025	0,015	0,5	1,0	0,5	0,5	0,15	0,43	0,25



Figura 1. Tubo API 5L X70 em estado inicial.

Para o revestimento das amostras, foi utilizado o método de pulverização metálica, que visa obter uma camada de óxido de nióbio com aproximadamente 250 a 300 microns de espessura. A composição do nióbio metálico em pó utilizado é mostrado na tabela 2.

Tabela 2. Composição do Nióbio metálico em pó

Elemento	Resultado	Data Análise	LQ	Método
Ta (ppm)	1496	14/09/2017	50	ITL – AIMS-04
Fe (ppm)	27	14/09/2017	6	ITL – AIMS-04
O (ppm)	322	14/09/2017	30	ITL – AHNO-03
N (ppm)	23	14/09/2017	10	ITL – ACS-07

Fonte: CBMM (2017)

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Coleta e homogeneização do Solo

Foram coletadas amostras de solo e posteriormente ocorreu o preparo das soluções com as amostras de solo para medição do pH, através da utilização de papel indicador de pH. Em seguida, para comprovar os resultados obtidos anteriormente com o papel indicador, foi utilizado o pHmetro.

### 2.2.2 Confeção das caixas

Nesta etapa, foi realizada a montagem de 38 caixas de madeira com tamanho aproximado de 10 cm de comprimento, 15 cm de altura e 10 cm de largura. Este material foi escolhido pelo fato da não interferência química no processo e por permitir a simulação da realidade que ocorre nos dutos empregados industrialmente. Estas caixas foram posteriormente empregadas para introdução das amostras dentro do solo à aproximadamente metade da sua altura.

### 2.2.3 Preparo das soluções e ensaios corrosivos

Todas as soluções que foram empregadas neste trabalho foram preparadas no laboratório de Química da UEMG - Unidade João Monlevade. As soluções ácidas ( $H_2SO_4$ ) e básicas ( $Ca(OH)_2$ ) foram preparadas nas concentrações de 1,5; 3 e 4,5% (v/v) para as soluções ácidas e em (m/v) para as básicas. As adições das soluções foram realizadas de acordo com a tabela 3.

**Tabela 3.** Distribuição das amostras nas caixas

Reagente	Concentração (% m/v); (% v/v)	Caixa	Observação
$Ca(OH)_2$	1,5	1, 2 e 3	Com revestimento de óxido de nióbio
	3	4, 5 e 6	
	4,5	7, 8 e 9	
$H_2SO_4$	1,5	10, 11 e 12	Com revestimento de óxido de nióbio
	3	13, 14 e 15	
	4,5	16, 17 e 18	
$Ca(OH)_2$	1,5	19, 20 e 21	Sem revestimento
	3	22, 23 e 24	
	4,5	25, 26 e 27	
$H_2SO_4$	1,5	28, 29 e 30	Sem revestimento
	3	31, 32 e 33	
	4,5	34, 35 e 36	
Água		37	Com revestimento de óxido de nióbio
		38	Sem revestimento

As medidas de pH são realizadas retirando-se uma pequena fração de solo e adicionando-se água para que se obtenha uma solução homogênea, e, então, com auxílio do pHmetro, é medido o pH. Em seguida, é também medido a diferença de potencial (ddp) entre o solo e a peça com o auxílio do multímetro.

#### 2.2.4

Esta etapa objetiva a análise estrutural e microestrutural das amostras após o término do ensaio corrosivo. Para isso será empregada técnicas como a Difração de Raios-X, bem como Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), pois elas possibilitam a identificação dos agentes e mecanismos de corrosão envolvidos. Através destas técnicas pretende-se observar a morfologia e a microestrutura dos produtos de corrosão, permitindo analisar o tipo de corrosão, a perda de massa e/ou modificação da estrutura na superfície e ao longo da própria espessura, após o ensaio corrosivo.

#### 2.2.5 Tratamento dos dados obtidos e discussões

Os resultados obtidos nas análises feitas durante o trabalho serão organizados em planilhas referentes às medições de pH e potencial, obtendo-se desta maneira, um banco de dados. A interpretação dos dados obtidos é uma etapa de grande relevância, já que conduzirá à conclusão da eficiência do revestimento, e ainda, como as propriedades anticorrosivas do nióbio influenciaram na ação das variáveis do solo.

### 3 CONCLUSÃO

Descrição das principais conclusões.

#### Agradecimentos

A FAPEMIG-2017 pelo consentimento de bolsa a um dos autores. A IMA pela ajuda na preparação do tubo para retirada das amostras. A Ogramc Metalização e a OPT Brasil por realizar o revestimento das amostras. A CBMM pela doação do nióbio metálico em pó e pelas informações cedidas. A LRSS da UFMG pelo fornecimento do tubo. Ao laboratório de Química da UEMG - Unidade João Monlevade pelo apoio no preparo das soluções.

#### REFERÊNCIAS

- 1 SOUZA, Camila Rita de; MARTINS, Antônio. Caracterização Metalográfica e Mecânica de Tubo de Aço API 5L X70 Soldado com Multipasses Pelo Processo SMAW em Condições Específicas de Energia de Soldagem. 2014. Monografia (graduação em Engenharia Metalúrgica) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, 2014.
- 2 SANTOS NETO, N. F. Caracterização de Soldas em Aços API 5L Com Diferentes Arames Tubulares e Temperaturas de Pré-Aquecimento, 2003. 110 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.
- 3 ITMAN FILHO, André et al . Características de um aço microligado forjado API 5L. Matéria (Rio J.)2015. v(20), 1024-1029.

- 4 JUNIOR, Jaime; ROCHA, David; BRANDI, Sérgio. Uma breve revisão histórica do desenvolvimento da soldagem dos aços API para tubulações. Soldag. insp. 2013. [acesso em 09 abr.2018]; v(18), 176-195. Disponível em:<https://dx.doi.org/10.1590/S0104-92242013000200011>
- 5 MARTINS, José Inácio F. P. A corrosão: a outra perspectiva de abordagem. Corrosão e Proteção de Materiais, 2012. v(31), 59-59.
- 6 GENTIL, Vicente; Corrosão. LTC – Livros Técnicos e Científicos. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Editora: Rio de Janeiro; 2007.
- 7 MARIANO, C.; PAREDES, R.S.C; FRARE JR, A. F. Desenvolvimento de Revestimentos de Nióbio Resistentes a Elevadas Temperaturas Depositados por Asperção Térmica. 4º PDPETRO. 2007. 2.4.0305-1 -1-2.4.0305-1 -8.