

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

## **Análise crítica dos ensaios de corrosividade de derivados de petróleo ao cobre e ao aço-carbono**

Lorena Cristina de Oliveira Tiroel<sup>a</sup>, Vanessa Yumi Nagayassu<sup>b</sup>, Zehbour Panossian<sup>c</sup>, Johny  
Hernandes de Oliveira<sup>d</sup>

### **Abstract**

The white petroleum derivatives transported through carbon steel pipelines are submitted to the copper corrosiveness test (NBR 14359 and ASTM D130) whose objective is to identify the presence of sulfur compound in the fluid capable to cause copper tarnishing. Additionally, the NACE TM-0172 test is performed to classify the potential corrosivity of the white derivatives to carbon steel. If NACE test results indicate an unacceptable corrosivity grade, additional safety measures should be adopted for transporting these products through pipelines. It has been observed that the results obtained from copper corrosiveness tests are being used to assess the corrosivity of petroleum derivatives to carbon steel. Consequently, it is attributed a deleterious effect of these petroleum derivatives to carbon steel pipelines. Therefore, mitigation countermeasures are adopted for the transportation of these petroleum derivatives, such as, batch transportation between pigs and extra sampling for a NACE TM-0172 testing. The adoption of the copper corrosiveness test for inhibitor dosing is also becoming a strong general trend. This paper discusses the pointed question based on a literature review and a case study.

**Keywords:** petroleum derivative, white derivative, corrosivity, corrosion, copper, carbon steel, pipeline

### **Resumo**

Os derivados claros transportados em dutos de aço-carbono são submetidos ao ensaio de corrosividade ao cobre (NBR 14359 e ASTM D130) cujo objetivo é avaliar a fração de compostos sulfurados nos derivados claros capazes de causar escurecimento ao cobre. Adicionalmente, com o objetivo de classificar o potencial de corrosividade do fluido, os derivados claros são submetidos ao ensaio de corrosividade ao aço-carbono segundo o ensaio NACE TM-0172. Caso o resultado do ensaio NACE se apresente fora dos padrões de aceitação, medidas adicionais de segurança são adotadas para o transporte deste produto pelo sistema dutoviário. Tem-se observado que produtos submetidos apenas ao ensaio de corrosividade ao cobre e cujo resultado se mostra alterado estão sendo considerados equivocadamente produtos corrosivos ao aço-carbono. Consequentemente, supõe-se que o transporte destes produtos teria uma ação deletéria para o duto exigindo medidas adicionais de

<sup>a</sup> Mestre em Engenharia Química – Engenheira de Terminais e Dutos – PETROBRAS TRANSPORTES S.A

<sup>b</sup> Mestre em Engenharia – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

<sup>c</sup> Doutora em Ciências – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, professora convidada da Escola Politécnica – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – USP

<sup>d</sup> Técnico em Metalurgia – Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas

---

segurança, tais como, bateladas entre *pigs* e amostragens extras ao longo do bombeio para realização posterior do ensaio NACE TM-0172. Paralelamente, ganha-se força a ideia de que o resultado do ensaio de corrosividade ao cobre caracterizaria produtos corrosivos e poderia definir a dosagem de inibidor de corrosão de dutos. Este trabalho discute a questão colocada com base em informações coletadas na literatura e em estudos desenvolvidos pelos autores.

**Palavras-chave:** derivado de petróleo, derivado claro, corrosividade, corrosão, cobre, aço-carbono, duto

## Introdução

---

A certificação de qualidade dos derivados claros transportados em dutos de aço-carbono exige a realização de diversos ensaios e análises e entre estes ensaios se encontra o ensaio de corrosividade ao cobre (NBR 14359 (ABNT, 2013) e ASTM D130 (2012)). Este ensaio objetiva verificar a fração de compostos sulfurados nos derivados claros capazes de causar escurecimento ao cobre. Quando uma nafta petroquímica é direcionada ao *pool* de gasolina, a corrosividade ao cobre deverá estar limitada a **1a**. Não existe um valor limite para o resultado do ensaio de corrosividade ao cobre para naftas destinadas a uma central petroquímica, não sendo este um parâmetro do item contratual entre produtor e as centrais de matérias primas. A ausência de limites para o ensaio de corrosividade ao cobre, quando a nafta é processada na central petroquímica, é devido ao fato do processamento da nafta ser rápido e não ocorrer contato com equipamentos ou componentes de cobre ou este contato ser muito breve. Neste último caso, é adotada a prática de inspeções periódicas. Nota-se que esta especificação do ensaio de corrosividade ao cobre é determinada pelo destino dado à nafta petroquímica e não está relacionada com alguma suposta ação deletéria da nafta cujo resultado de corrosividade ao cobre seja diferente de **1a**.

Adicionalmente, os produtos são submetidos a ensaios de integridade cujo objetivo é classificar o potencial de corrosividade do fluido e, se necessário, adotar medidas extras de segurança para o seu transporte pelo sistema dutoviário. O principal ensaio para esta finalidade é o ensaio de corrosividade ao aço-carbono ou ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001). Tem-se observado que os resultados do ensaio de corrosividade ao cobre estão recebendo outras interpretações. Produtos submetidos apenas ao ensaio de corrosividade ao cobre e cujo resultado se mostra alterado estão sendo taxados equivocadamente de produtos corrosivos ao aço-carbono. O transporte destes produtos está sendo considerado como uma ação deletéria para o duto, exigindo medidas adicionais de segurança, tais como, bateladas de produtos entre *pigs*, amostragens extras ao longo do bombeio para realização posterior do ensaio NACE e necessidade de uma dosagem mais elevada de inibidor de corrosão para o transporte por dutos.

Um levantamento da literatura e uma abordagem sobre os fundamentos técnicos do ensaio de corrosividade ao cobre e do ensaio de corrosividade ao aço-carbono mostraram que são ensaios realizados com finalidades distintas e não foi encontrada uma correlação entre eles.

## Descrição das metodologias dos ensaios de corrosividade ao cobre e ao aço-carbono

O ensaio de corrosividade ao cobre é realizado segundo a norma ASTM D 130 (ASTM, 2012) – *Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test*, tendo como escopo a avaliação relativa do grau da corrosividade ao cobre dos derivados de petróleo, sendo aplicado aos seguintes produtos: gasolina de aviação; combustível de turbinas de aviação; gasolina automotiva; solventes usados em limpeza; querosene; óleo diesel; combustíveis destilados; óleo lubrificante; gasolina natural ou outros hidrocarbonetos tendo pressão de vapor inferior a 124 kPa a 37,8 °C.

O ensaio consiste em verificar as alterações visuais que ocorrem em lâminas de cobre previamente polidas, imersas, sem agitação, no derivado de petróleo em estudo (sem adição de água), sob condições de temperatura e tempo específicas para cada derivado. Para a nafta, não há na ASTM D 130 indicação específica da temperatura de ensaio. Segundo esta norma, para os produtos não citados, a temperatura pode ser de 50 °C, 100 °C ou um valor maior. Para a nafta petroquímica, a Petrobras adota 50 °C e 3 h. Nos ensaios conduzidos em laboratório com nafta P.A., verificou-se que com 50 °C, ocorria rápida evaporação da nafta. Por esta razão, para a nafta P.A. adota-se 25 °C.

A avaliação da corrosividade é feita por meio da coloração e da presença de manchas observadas na lâmina de cobre e é classificada de acordo com os padrões da ASTM D 130 (2012) apresentados na Figura 1. Segundo esta norma e a literatura consultada (GARCÍA-ANTÓN et al., 1990), o petróleo contém compostos de enxofre, a maioria dos quais é removida durante o processo de refino. No entanto, alguns compostos permanecem nos derivados de petróleo os quais podem ter ação corrosiva sobre alguns metais.

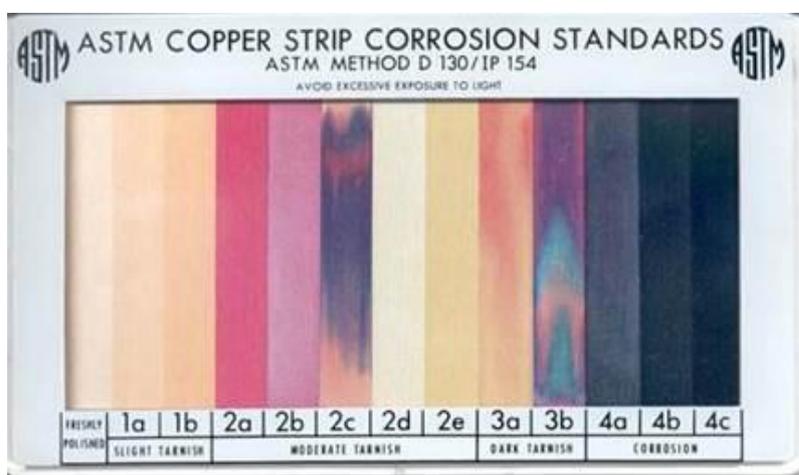


Figura 1 - Padrões de classificação da ASTM D130 (ASTM, 2012)

O ensaio de corrosividade ao cobre avalia apenas a corrosividade dos compostos de enxofre capazes de atacar o cobre, como por exemplo, o enxofre elementar e o sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e a metilmercaptana, e não está relacionado com o conteúdo total de compostos de enxofre presentes no derivado de petróleo, visto que muitos compostos não atacam o cobre, havendo ainda compostos orgânicos sulfurados que são eficientes inibidores de corrosão do cobre e de suas ligas como é o caso do benzotriazol (O'NEAL; BORGER, 1977;

IZQUIERDO et al., 2010; IZQUIERDO et al., 2012, GARCÍA-ANTÓN et al., 1990; SHERIF, 2006). Dentre os compostos de enxofre que não atacam o cobre citam-se: hexil, heptil e octilmercaptanas, dissulfeto de difenila, dissulfeto de secbutila e sulfeto de difenila.

No caso da nafta petroquímica, foi verificado que a presença de água pode potencializar o efeito dos compostos deletérios (WOOD; SHEELY; TRUSTY, 1925) e, na ausência destes, pode causar alterações na superfície do cobre decorrente apenas da presença da água.

A corrosividade ao aço-carbono dos derivados de petróleo (nafta, gasolina e diesel) é verificada por meio do ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001) intitulado *Determining Corrosive Properties of Cargoes in Petroleum Product Pipelines*. Caso se comprove corrosividade inaceitável, ensaios complementares são realizados para determinar a quantidade mínima de inibidor necessária para diminuir a corrosividade a níveis aceitáveis. O ensaio NACE avalia a corrosividade do derivado em condições não estagnadas e na presença de água aerada, condição esta comum em dutos. Experiências têm mostrado que se a quantidade de inibidor determinada por meio do ensaio NACE é adicionada ao derivado, a corrosão interna dos dutos pode ser controlada.

O referido ensaio consiste em verificar as alterações visuais que ocorrem em corpos de prova de aço-carbono padronizados imersos durante 4 h, com agitação, no derivado de petróleo em estudo no qual são adicionados 10 % de água (com pH = 7,0)<sup>1</sup>. Por meio da porcentagem da área corroída (ver Tabela 1), e não da intensidade da coloração dos produtos de corrosão ou da perda de massa, avalia-se a corrosividade do derivado, atribuindo-se a esta porcentagem um grau de corrosividade. Cabe citar, que a água é adicionada, pois a corrosividade dos derivados de petróleo é devida à presença da água de produção proveniente do processo de extração/refino do petróleo e da água incorporada durante o armazenamento em tanques não herméticos. Na ausência de água, não ocorre corrosão do aço-carbono. Os níveis aceitáveis de corrosividade, conforme a norma Petrobras N-2785 (2013), são as classificações A ou B<sup>++</sup>.

Tabela 1 - Avaliação dos corpos de prova de aço-carbono conforme NACE TM-0172 (NACE, 2001)

Avaliação	Porcentagem da superfície corroída (%)
A	0
B <sup>++</sup>	Menos que 0,1 (2 ou 3 manchas de não mais que 1 mm de diâmetro)
B <sup>+</sup>	Menos que 5
B	5 a 25
C	25 a 50
D	50 a 75
E	75 a 100

## Estudo de caso

Recentemente, em operações de transporte de diferentes lotes de nafta, foram obtidos resultados alterados de corrosividade ao cobre, fato que levantou dúvidas sobre a corrosividade destas naftas ao duto de aço-carbono por meio do qual as naftas seriam transportadas.

<sup>1</sup> No sistema Petrobras, adota-se pH 4,5.

A fim de verificar o potencial de corrosividade dos referidos fluidos e uma eventual necessidade de aumento na dosagem de inibidor de corrosão, amostras de tanques de naftas com resultado de corrosividade ao cobre alterado foram enviadas ao Laboratório de Corrosão e Proteção do IPT onde os mesmos foram submetidos ao ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001). Primeiramente foi feito um ensaio NACE em branco, ou seja, sem adição de inibidor de corrosão. Em seguida, o ensaio NACE foi realizado nas mesmas amostras com a adição de 9 ppm do inibidor de corrosão usado naquele momento no sistema dutoviário.

Cabe destacar que os inibidores de corrosão usados no sistema dutoviário da Petrobras são do tipo DERD o qual tem uma faixa de concentração aplicável entre 9 ppm e 23 ppm. O inibidor em uso por ocasião do evento descrito tinha sido submetido a testes de qualificação que apontaram a dosagem mínima de 9 ppm como aquela necessária para se alcançar os padrões aceitáveis estabelecidos (ou seja A ou B<sup>++</sup>).

Os resultados obtidos com as amostras dos lotes de nafta em estudo tanto para o ensaio de corrosividade ao cobre como para o ensaio NACE estão apresentados na Tabela 2. .

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de corrosividade ao cobre e corrosividade ao aço-carbono de diferentes lotes de nafta

Lote	Corrosividade ao cobre ASTM D130	Corrosividade ao aço-carbono NACE TM-0172	
		Sem inibidor	9 ppm de inibidor
1	1b	E	A
2	2a	E	A
3	4a	E	A
4	3b	E	A
5	2c	E	A
6	2b	D	A

Na Tabela 2, observa-se que as amostras dos diferentes lotes de nafta receberam diferentes classificações no ensaio de corrosividade ao cobre. O resultado em branco do ensaio de corrosividade ao aço-carbono mostrou que cinco amostras apresentaram resultado **E** e uma amostra apresentou o resultado **D**, não se verificando nenhuma correlação do grau de corrosividade ao cobre com o grau de corrosividade ao aço-carbono.

Com a adição de 9 ppm de inibidor de corrosão, as amostras de todos os lotes de nafta atingiram o resultado **A** e com isto não foi necessário aumentar a dosagem de inibidor de corrosão para que alguma destas amostras atingissem o resultado aceitável pela norma Petrobras N-2785 (2013).

Um estudo realizado em laboratório<sup>2</sup> com diferentes lotes de nafta P.A. e de nafta petroquímica mostrou que a adição de um composto de enxofre, 1-dodecanotiol que não causou escurecimento da lâmina de cobre, provocou ligeira diminuição da corrosividade ao aço-carbono no ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001), indicando que o mesmo tinha caráter

<sup>2</sup> IPT Relatório Técnico Nº 115 592-205 (confidencial)

inibidor ao aço-carbono. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos em função da porcentagem da área corroída e não em função do grau de corrosividade mostrada na Tabela 2, pois o efeito inibidor foi muito tênue. Em contrapartida, concentrações maiores de inibidor DERD foram necessárias para conseguir um grau aceitável, conforme pode ser verificado na Tabela 4. Este mesmo tipo de resultado foi observado para outros compostos de enxofre. Estes resultados sugerem que os compostos de enxofre com características inibidoras competem com os inibidores DERD na adsorção na superfície metálica.

Tabela 3 – Influência da adição de 1-dodecanotiol na agressividade de diferentes lotes de nafta P.A. e de diferentes lotes de nafta petroquímica comercial

Composto de enxofre Nafta		Área corroída (%)		Corrosividade ao cobre
		Na nafta sem contaminação	Na nafta contaminada	
1- dodecanotiol 20 ppm (m/m)	Nafta P.A. Lote 1	75	85	1a
	Nafta P.A. Lote 2	90	95	1a
	Nafta petroquímica Lote 1	75	60	1a
	Nafta petroquímica Lote 2	80	75	1a
	Nafta petroquímica Lote 3	75	65	1a

Tabela 4 – Concentração mínima de inibidor necessária para levar as naftas P.A. contaminadas e naftas petroquímicas contaminadas com 1-dodecanotiol para o grau de corrosividade B<sup>++</sup> ou A.

Composto de enxofre Nafta		Dosagem mínima de inibidor DERD (ppm) v/v	
		Na nafta sem contaminação	Na nafta contaminada
1-dodecanotiol 20 ppm (m/m)	Nafta P.A. Lote 1	4	Não atingiu grau B <sup>++</sup> nem com 24 ppm (v/v) de inibidor
	Nafta P.A. Lote 2	6	Não atingiu grau B <sup>++</sup> nem com 23 ppm (v/v) de inibidor
	Nafta petroquímica. Lote 1	11	11
	Nafta petroquímica. Lote 2	11	20
	Nafta petroquímica. Lote 3	14	14

Este estudo de caso mostra claramente que não se pode inferir o potencial de corrosividade do fluido para o aço-carbono com base no resultado do ensaio de corrosividade ao cobre. Não se observa correlação possível entre estes dois ensaios de forma que, de posse do resultado do ensaio de corrosividade ao cobre, possa ser estimado um resultado para o ensaio de corrosividade ao aço-carbono. Este último resultado só é conhecido com a realização do ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001) em laboratório. O nome do ensaio corrosividade ao cobre é dado justamente porque o ensaio verifica se os produtos ensaiados são ou não agressivos aos componentes de cobre que, durante seu armazenamento, transporte e uso, eventualmente entram em contato com o derivado.

De fato, nos estudo de verificação do desempenho quanto à corrosão dos metais, o meio de exposição deve ser considerado, ou seja, deve-se estudar o sistema metal/meio. Não se podem usar os resultados obtidos em um determinado sistema (por exemplo, cobre/nafta) para outro sistema (aço/nafta).

---

Sendo os dutos que transportam a nafta confeccionados em aço-carbono, somente um ensaio que represente o sistema aço/nafta pode ser usado para inferir qualquer tomada de decisão para mitigar a corrosão do aço-carbono. O ensaio de corrosividade ao cobre não pode ser usado para ver o desempenho do aço-carbono.

Finalmente, é necessário discutir o fato do ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001) representar ou não as condições estabelecidas no interior dos dutos. Para isto, é importante discutir como ocorre a corrosão dos dutos de aço-carbono que transportam nafta.

Antes, porém, é importante citar que a nafta, por ser constituído de compostos apolares, quando exposta ao ar atmosférico, é capaz de dissolver grandes quantidades de  $O_2$  e  $CO_2$  da atmosfera (FOROULIS, 1982 e BATTINO (1981) apud GROYSMAN; ERDMAN, 2000; NAGAYASSU, 2006). Assim, durante a produção e armazenamento em tanques não herméticos, a nafta fica saturada com  $O_2$  e  $CO_2$ , carregando estes gases, em grande quantidade, para o interior dos dutos durante o bombeio do produto da refinaria para os terminais.

Segundo Kirkov (1987), a presença de água em derivados de petróleo aumenta a taxa de corrosão do metal num grau maior do que o HCl afeta a dissolução de metais em solução aquosa. A agressividade da fase aquosa pode aumentar ou diminuir em função dos compostos presentes na nafta: compostos polares que se dissolvem e se dissociam na água podem aumentar a sua condutividade e agressividade (GROYSMAN; ERDMAN, 2000); por outro lado, se na nafta estiverem presentes compostos solúveis com propriedades inibidoras, podem passar para a fase aquosa inibindo a corrosão do aço-carbono em contato com a fase aquosa. Por meio das técnicas de microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de energia dispersiva, Groysman e Erdman (2000) verificaram que os produtos de corrosão formados sobre os corpos de prova de aço-carbono que foram imersos nas misturas nafta/água consistiam de ferro e oxigênio. Este resultado sugere que a principal causa de corrosão nas misturas derivados de petróleo/água é a presença de água e  $O_2$  dissolvido. Isto de fato é o que ocorre.

A corrosão dos dutos de aço-carbono ocorre devido somente à presença de água, visto que a nafta não é agressiva ao aço-carbono. Mesmo os compostos de enxofre que causam o escurecimento da lâmina de cobre não são capazes de reagir com o aço-carbono na ausência de água. A corrosão por toda extensão dos dutos ocorre nos locais onde gotículas de água ficam aderidas à parede interna do duto ou onde ocorre separação da fase aquosa, decorrente das condições de estagnação (geralmente os bombeios são intermitentes) ou da baixa velocidade de escoamento, sendo que esta fase aquosa é continuamente alimentada pelos gases  $O_2$  e  $CO_2$  provenientes da fase orgânica (nafta) de modo a estabelecer condições aeradas, causando a corrosão do ferro tendo a reação de redução do oxigênio como a principal reação catódica.

Considerando que o ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001) é realizado em condições de forte aeração, este ensaio realmente simula a corrosão interna que ocorre nos dutos que transportam derivados de petróleo: as gotículas de água saturadas com oxigênio atingem as paredes do corpo de prova de aço-carbono causando a corrosão. A agitação, neste ensaio, tem por objetivo manter a água na forma de gotículas e lançá-las contra a superfície dos corpos de

prova. Desta forma, a corrosão interna das tubulações na maioria das vezes pode perfeitamente ser monitorada por meio do ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001).

A exceção ao monitoramento da corrosão interna por este ensaio dá-se no caso de ocorrência de corrosão microbiológica decorrente da deposição de compostos orgânicos e/ou inorgânicos criando condições desareadas na interface depósito/metálico as quais facilitam a formação de biofilmes, criando condições para o desenvolvimento de bactérias redutoras de sulfato.

## **Conclusões**

---

Quando se trata do desempenho quanto à corrosão dos metais, o meio de exposição deve ser considerado, ou seja, deve-se estudar o sistema metal/meio. Dessa forma, a classificação de produtos corrosivos para o aço-carbono com base apenas no resultado do ensaio de corrosividade ao cobre não se sustenta.

Resultados de laboratório mostraram que as naftas com diferentes classificações dos resultados do ensaio de corrosividade ao cobre não necessitaram de dosagens mais elevadas de inibidor de corrosão para que fossem atingidos os resultados aceitáveis do ensaio de corrosividade ao aço-carbono. E ainda, a adição de compostos de enxofre, de caráter inibidor não capazes de escurecer a lâmina de cobre, pode requerer maiores concentrações de inibidor. A explicação deste último caso é a competição do composto de enxofre de caráter inibidor com o inibidor DERD.

Pelo exposto, pode-se inferir que não há subsídios que suportem a prática adotada de aplicar medidas mitigadoras para garantir a integridade dos dutos tendo como base o resultado do ensaio de corrosividade ao cobre do produto transportado. O potencial de corrosividade do fluido e uma possível ação deletéria para dutos decorrente do transporte de produtos só podem ser definidos com base no resultado do ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001).

Considerando que o ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001) é realizado em condições de forte aeração, a corrosão interna das tubulações na maioria das vezes pode ser monitorada por meio deste ensaio.

É mandatório o que resultado do ensaio NACE TM-0172 (NACE, 2001) seja avaliado antes do início do bombeio do produto para definição das medidas mitigadoras eficazes para o transporte de produtos corrosivos.

## **Referências bibliográficas**

---

ABNT NBR. 2013 **14359**: Produtos de petróleo e biodiesel – determinação da corrosividade – método da lâmina de cobre. 14p.

ASTM International. 2012 **D130-12**: standard test method for corrosiveness to copper from petroleum products by copper strip test. West Conshohocken, 10 p.

FOROULIS, Z. A. Corrosion and corrosion inhibition in the petroleum industry. *Werkstoffe und Korrosion*, Weinheim, v. 33, n. 3, p. 121-131, 1982

---

GARCÍA-ANTÓN, J. et al. Study of corrosion on copper strips by petroleum naphtha in the ASTM D-130 test by means of electronic microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray (EDX). **Fresenius Journal of Analytical Chemistry**, n. 337, p. 382-388, 1990

GROYSMAN, A.; ERDMAN, N. A study of corrosion of mild steel in mixtures of petroleum distillates and electrolytes. **Corrosion**, Houston, v. 56, n. 12, p. 1266-1271, 2000

IZQUIERDO, J. et al. Uses of scanning electrochemical microscopy for the characterization of thin inhibitor films on the reactive metals: The protection of copper surfaces by benzotriazole. **Electrochimica Acta**, Great Britain, n. 55, p. 8791-8800, 2010

IZQUIERDO, J. et al. Scanning microelectrochemical characterization of the anti-corrosion performance of inhibitor films formed by 2-mercaptobenzimidazole on copper. **Progress in Organic Coatings**, n. 74, p. 526-533, 2012

KIRKOV, P. The influence of drag reducers and inhibitors on the rate and mechanism of corrosion in petroleum white products in the presence of moisture. **Electrochimica Acta**, Great Britain, v. 32, n. 6, p. 921-926, 1987.

NACE International Publication. 2001 **TM-0172**: standard test method – determining corrosive properties of cargoes in petroleum product pipelines. Houston, 6 p.

NAGAYASSU, V. Y. Análise crítica do ensaio NACE TM-0172 para verificação da agressividade de derivados de petróleo. Dissertação de mestrado USP (EPUSP, Eng. de Materiais) São Paulo 2006

O'NEAL JR, C.; BORGER, R. N. The effect of chlorine on the performance of cuprous metal corrosion inhibitors. **Materials Performance**, v. 16, n. 16, p. 12-16, 1977

PETROBRAS. 2013 **N-2785**: Monitoração, Interpretação e Controle da Corrosão Interna de Dutos. 62 p.

SHERIF, E. M. Effects of 2-amino-5-(ethylthio)-1,3,4-thiadiazole on copper corrosion as a corrosion inhibitor in 3% NaCl solutions. **Applied Surface Science**, n. 252, p.8615-8623, 2006

WOOD, A. E.; SHEELY, C.; TRUSTY, A. W. Corrosion effect of naphtha solutions of sulfur and sulfur compounds. **Industrial and Engineering Chemistry**, v. 17, n. 8, p. 798-802, 1925