

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

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

Estudo da Corrosão em Tubulações Enterradas na Região Carbonífera de Candiota, RS-Brasil

Roberta M. Klein^a, Nayana S. Vargas^b, Luciana M. Rodrigues^c

Abstract

Corrosion can be defined as the deterioration of a material, generally metallic, by chemical or electrochemical action of the surrounding. The soil as a corrosive surrounding is hard to study, it's heterogeneous, having many parameters that contribute to the occurrence of corrosion: presence of humidity, salts, microorganisms, electrical conductivity, humic substances, etc. In this work it is simulated the corrosion in samples of carbon steel, used to the construction of buried pipes for the transportation of fluids, in soils of the Pampa region, specifically in Bagé and Candiota, in the state of Rio Grande do Sul-Brazil. This study compares the deterioration of metallic structures buried in soils near and far from carboniferous areas and thermoelectric industries, in which atmospheric emissions of particulate material from coal combustion settle on the soil.

Keywords: corrosion, coal, soil, carbon steel.

Resumo

A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio. O solo como meio corrosivo é de difícil estudo, é heterogêneo, apresenta diversos parâmetros que contribuem para a ocorrência da corrosão: presença de umidade, de sais, microorganismos, condutividade elétrica, substâncias húmicas, etc. Neste trabalho é simulada a corrosão em amostras de aço carbono, utilizado para a construção de tubulações enterradas para o transporte de fluidos, em solos da região do Pampa, especificamente em Bagé e Candiota, no estado do Rio Grande do Sul-Brasil. Este estudo compara a deterioração de estruturas metálicas enterradas em solos próximos e afastados de regiões carboníferas e de indústrias termoeletricas, cujas emissões atmosféricas de material particulado proveniente da combustão do carvão se depositam no solo.

Palavras-chave: corrosão, carvão, solo, aço carbono.

Introdução

Corrosão é a deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional e representa alterações prejudiciais indesejáveis, sofridas pelo material, tais como desgaste, variações químicas, modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso (1). A corrosão, em geral, é um processo espontâneo, está constantemente transformando os metais de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos são afetados (2).

^a Graduanda, Engenharia Química - UNIPAMPA

^b Graduanda, Engenharia Química - UNIPAMPA

^c Doutora, Engenharia Química - UNIPAMPA

As estruturas metálicas ocorrem com diferentes aplicações, são algumas delas (3,4): Estruturas metálicas enterradas ou submersas, tais como minerodutos, oleodutos, gasodutos, adutoras, cabos de comunicação e de energia elétrica, tanques de armazenamento de combustíveis; Meios de transportes; Pontes; Equipamentos eletrônicos, antenas; Equipamentos como reatores, trocadores de calor e caldeiras, etc.

Todas essas instalações representam grandes investimentos que exigem durabilidade e resistência à corrosão. A corrosão pode ocorrer de várias maneiras e em diversas situações, como por exemplo, pode-se citar a corrosão causada pela atmosfera, pelas águas, por produtos químicos, por altas temperaturas, por microorganismos, pelo solo, entre outros (3).

Um tipo de corrosão que deve ser levada em consideração como sendo grave é a corrosão em solos. As tubulações enterradas em solos são geralmente fabricadas em aço carbono, pois este metal apresenta boa relação custo/resistência mecânica, além de ser de fácil soldagem e conformação (5). O aço carbono possui ampla oferta no mercado nacional, além de resistir a relativamente altas e baixas temperaturas sem sofrer maiores danos (6). No entanto, este metal é suscetível ao processo corrosivo por conter impurezas, inclusões não-metálicas, por estar sob tensão, por operar a grandes pressões e diferenciadas temperaturas (7). Quando, além de todos estes fatores, uma tubulação de aço carbono opera enterrado no solo, ambiente rico em heterogeneidades, está mais propenso ao ataque (3,8). Como o solo é um meio complexo, pode causar corrosão devido a vários aspectos: teor de umidade, grau de aeração, acidez ou alcalinidade, condutividade elétrica, presença de sais, presença de microorganismos, etc (3).

O objetivo deste trabalho é propor a simulação da corrosão do aço carbono exposto em diferentes solos coletados em região carbonífera, além de caracterizar as amostras de solos.

Metodologia

Foram coletadas 4 amostras de solos em diferentes áreas: a) Região Carbonífera (município de Candiota, onde está situada a maior jazida de carvão mineral do Brasil): *amostra 1* - na área de Usina termelétrica, *amostra 2* - na área de uma Vila operária de Candiota (próximo à usina), *amostra 3* - na área de Bairro residencial afastado da usina; b) Região não Carbonífera (município de Bagé, cidade vizinha à Candiota): *amostra 4* - na área central da cidade. As amostras de solos foram coletadas segundo a norma ABNT NBR 06457 (1984) evitando-se a contaminação das mesmas. As amostras foram adequadamente armazenadas e imediatamente encaminhadas ao laboratório para as primeiras análises de caracterização.

O material metálico utilizado foi extraído de uma seção de tubulação fabricada de aço API 5L Grau B, típico material empregado para a construção de tubulações metálicas industriais para o transporte de diferentes fluidos. A Tabela 1 apresenta a composição química nominal da amostra segundo o fabricante COSIPA.

TABELA 1 - Composição química nominal da amostra de aço API 5L Grau B.

AÇO	C (máx)	Mn (máx)	P (máx)	S (máx)	Fe
API 5L Grau B	0,27	1,15	0,03	0,03	Balanço

As amostras metálicas foram cortadas com uma área média de $0,65\text{cm}^2$. Estas foram lixadas sob fluxo de água corrente até granulometria 4000#, sendo preparadas todas as faces das

amostras. Após lixamento, as amostras foram lavadas em álcool etílico e secas sob jato de ar sem aquecimento. As amostras preparadas foram armazenadas em dessecador sob vácuo até sua caracterização por microscopia, em microscópio ótico metalúrgico.

As amostras de solos coletadas foram passadas por peneira de abertura de 6,35mm para a retirada de partículas grosseiras, homogeneizadas e uma parcela de cada amostra foi destinada para os testes de caracterização. Foram realizadas as medidas de determinação de teor de umidade dos solos, a condutividade elétrica, pelo método dos quatro pontos em condutivímetro e o valor de pH da solução lixiviada de solo.

Para o cálculo da umidade dos solos, as amostras foram pesadas, dispostas em cadinhos apropriados e colocadas em estufa por 24h a uma temperatura de 105°C, por 24 horas, sendo novamente pesadas. As análises foram realizadas em duplicatas.

O valor de pH dos solos foi obtido através de lixiviação do mesmo em uma proporção 1:2, utilizando 250g de água destilada para 500g de solo. Depois da lixiviação, a solução foi retirada e peneirada, separada em um béquer e com um medidor de pH obteve-se a leitura do valor na solução.

A etapa da simulação da corrosão deu-se com as amostras metálicas preparadas sendo enterradas nos respectivos solos, as quais foram analisadas a cada 30 dias de exposição, por análise microscópica e gravimétrica, em duplicatas. Foi realizada uma exposição do material metálico nos solos por um total de tempo de 6 meses. Pretende-se estimar uma previsão da taxa de corrosão em cada um dos tipos de solos estudados.

Resultados e Discussão

Na Figura 1 são destacadas inclusões não-metálicas, arredondadas, detectadas na análise da morfologia da superfície da amostra de aço API 5L Gtau B, preparada por lixamento a 4000#.

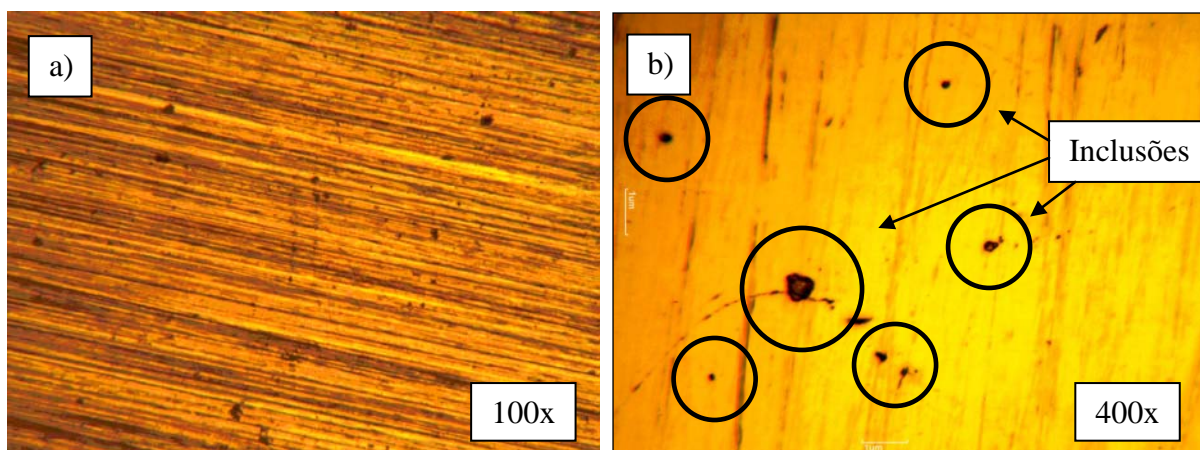


Figura 1 – Microscopia ótica da amostra de aço API 5L Grau B após preparação, a aumentos de (a) 100x e (b) 400x.

A Tabela 1 apresenta a caracterização das amostras de solo estudadas, quanto ao teor de umidade, condutividade elétrica e valor de pH da solução lixiviada de solo. Nota-se que quanto mais afastada a região da área carbonífera, menores valores de umidade e

condutividade elétrica são detectados nos solos, provavelmente devido aos componentes constituintes do carvão. Enquanto para o solo de Bagé ou o solo de Candiota, mas de região afastada da área carbonífera (no Bairro residencial), estes valores aumentam.

Tabela 1 - Caracterização das amostras de solo.

Amostra de Solo	Proveniência	Teor de Umidade	Condutividade Elétrica (μS)	pH de solução lixiviada do solo
1	Candiota: Usina	6,90	10,3	7,78
2	Candiota: Vila	12,47	25,0	7,56
3	Candiota: Bairro	22,68	30,6	7,19
4	Bagé: Centro	24,76	44,3	7,16

Na Tabela 2 é possível observar a variação de massa na superfície das amostras metálicas enterradas nos solos, no decorrer dos seis meses de exposição. Estes dados serão utilizados para futuramente ser estimada a taxa de corrosão segundo a Norma ASTM G1 – 90.

Apesar da amostra de solo de Bagé apresentar os maiores teores de umidade e condutividade elétrica, as amostras metálicas enterradas neste solo de região não carbonífera, foram as que apresentaram a menor ocorrência de formação de produtos de corrosão ou precipitados aderidos sobre elas. Portanto, pode-se inferir que os constituintes do carvão podem estar participando na promoção do processo corrosivo das amostras metálicas enterradas.

Tabela 2 – Ganho de massa (g) das amostras metálicas enterradas nos respectivos solos.

Tempo de exposição	Ganho de Massa (g)			
	Usina	Vila	Bairro	Bagé
1 mês	0,003	0,002	0,004	0,005
2 meses	0,012	0,007	0,012	0,004
3 meses	0,013	0,007	0,019	0,005
4 meses	0,015	0,009	0,018	0,007
5 meses	0,015	0,010	0,019	0,007
6 meses	0,016	0,013	0,020	0,009

Nas Figuras de 2 a 5 pode-se observar por microscopia ótica a superfície das amostras metálicas enterradas nos respectivos solos retiradas a cada 30 dias de exposição. Após o primeiro mês de exposição, na área de Candiota, região carbonífera, observa-se uma maior formação de precipitados, podendo indicar maior atividade do que na amostra de solo de região não carbonífera (Bagé).

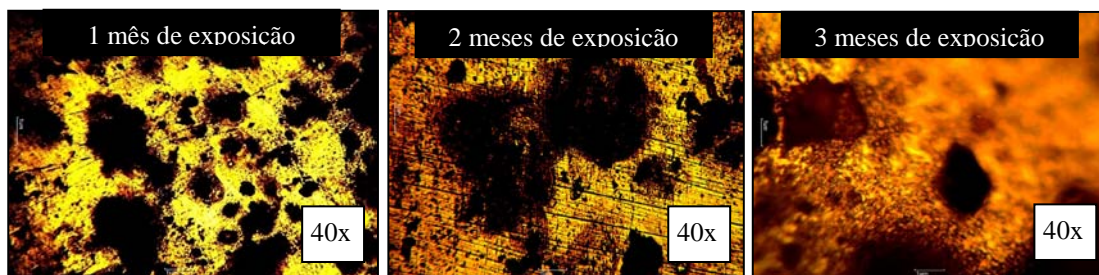


FIGURA 2 - Microscopia ótica do aço API 5L Grau B exposto por 3 meses ao solo de Candiotá, na região da Usina termelétrica.

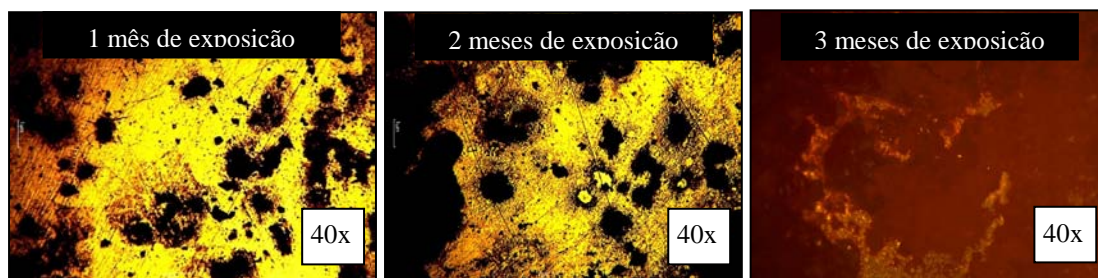


FIGURA 3 - Microscopia ótica do aço API 5L Grau B exposto por 3 meses ao solo de Candiotá, na região da Vila.

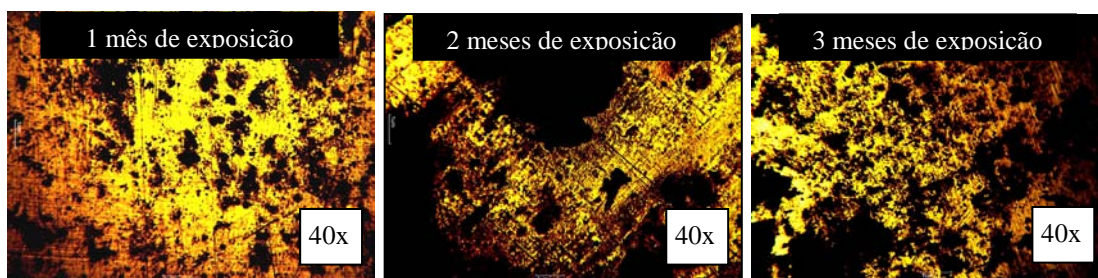


FIGURA 4 - Microscopia ótica do aço API 5L Grau B exposto por 3 meses ao solo de Candiotá, na região do Bairro.

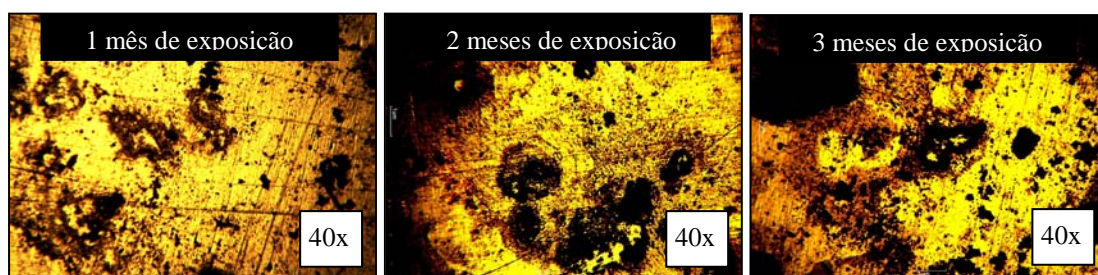


FIGURA 5 - Microscopia ótica do aço API 5L Grau B exposto por 3 meses ao solo de Bagé.

A partir de 4 meses de exposição aos solos, a visualização microscópica da morfologia do ataque à superfície das amostras metálicas, em microscópio metalúrgico, tornou-se difícil devido à formação de intensa e espessa camada de produtos de corrosão formada. Foram então realizadas fotos digitais das amostras, para se caracterizar o processo corrosivo. Nas Figuras 6, 7 e 8 são apresentadas as amostras de aço após 4, 5 e 6 meses de exposição aos respectivos solos. Ao final do período de exposição (180 dias), os solos de região carbonífera (Candiotá) promoveram maior formação de produtos de corrosão ao aço API 5L Grau B.

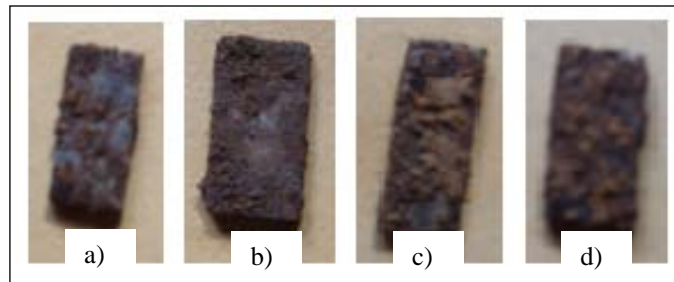


FIGURA 6 – Fotos digitais das amostras metálicas expostas por 4 meses nos solos de a) Bagé, b) Usina, c) Vila, d) Bairro.

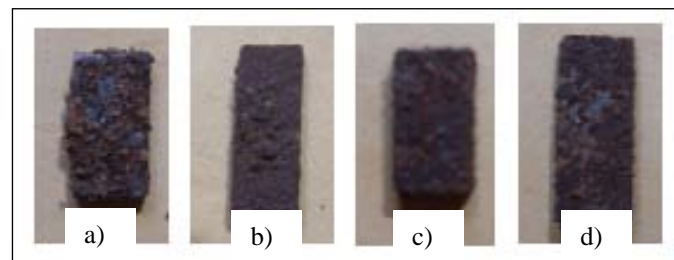


FIGURA 7 – Fotos digitais das amostras metálicas expostas por 5 meses nos solos de a) Bagé, b) Usina, c) Vila, d) Bairro.

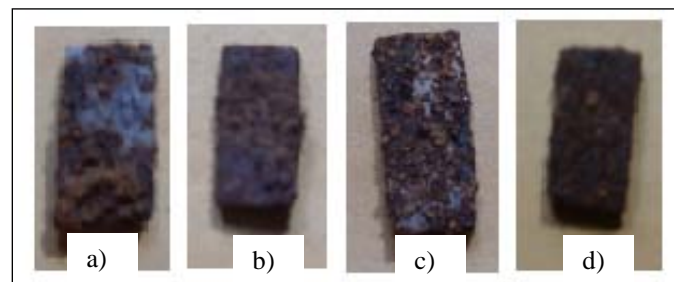


FIGURA 8 – Fotos digitais das amostras metálicas expostas por 6 meses nos solos de a) Bagé, b) Usina, c) Vila, d) Bairro.

Conclusão

O processo corrosivo simulado de amostras metálicas de aço API 5L Grau B, em contato com os diferentes solos da região sul do Estado do RS, abrangendo os municípios de Bagé (região não carbonífera) e Candiota (região carbonífera), indica o ataque corrosivo ao metal, mesmo aos primeiros 30 dias de exposição, com a nucleação do ataque. Observa-se que a nucleação da corrosão se dá preferencialmente sobre as inclusões não-metálicas típicas deste tipo de metal e caracterizadas previamente por análise microscópica.

Após 90 dias, observa-se a intensa formação de produtos de corrosão, expandindo-se sobre a superfície metálica, avançando para as vizinhanças da inclusão. Aos 150 e 180 dias de exposição, a corrosão torna-se generalizada, encobrendo grande parte da superfície da amostra de aço exposta.

Apesar dos solos de Candiota apresentarem menor teor de umidade e condutividade elétrica, provavelmente devido à presença de constituintes do carvão, promoveram intensa corrosão sobre as amostras enterradas de aço, comparativamente ao solo de região não carbonífera e de maior teor de umidade e condutividade elétrica.

Observa-se que as regiões de Candiota em que há instalada uma Usina termelétrica, a região próxima com uma Vila operária e um Bairro residencial, mais afastado, promoveram um maior ataque às amostras metálicas, do que o solo de região não carbonífera, em Bagé.

Conclui-se que estruturas metálicas em geral, enterradas em solos da região ao sul do Estado do RS, compreendendo a região carbonífera de Candiota, podem estar mais susceptíveis à corrosão, do que em outras regiões, portanto, devem ser protegidas adequadamente, evitando-se futuras perdas materiais e acidentes causados pela corrosão.

Referências bibliográficas

- (1) ROBERGE, P. R. **Handbook of Corrosion Engineering**. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2010.
- (2) FÓFANO, S. e JAMBO, H. C. M. **Corrosão: Fundamentos, Monitoração e Controle**. *Ciência Moderna*, 2008, p.372.
- (3) GENTIL, Vicente. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- (4) PANOSSIAN, Z. **Corrosão e Proteção contra Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas**. 1ed. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, v. 2, 1993, p.356.
- (5) PUNCKT, C. et al. Sudden Onset of Pitting Corrosion on Stainless Steel as a Critical Phenomenon. *Science* 305, 1133-1136, 2004.
- (6) TELLES, P. C. S. **Tubulações Industriais: Materiais, Projeto, Montagem**. 10. ed, São Paulo: Editora LTC, 2010.
- (7) NOBRE, L. **Controle de Processos Químicos: Ciência dos Materiais**. Apostila. Centro Universitário Padre Anchieta, 2009.
- (8) RODRIGUES, L. M.; DICK L. F. P. Influence of Humic Substances on the Corrosion of the API 5LX65 Steel. *Corrosion* (Houston, Tex.), Houston, v. 62, n. 1, p. 35, 2006.