

Uma nova abordagem para avaliar corrosão do solo em materiais metálicos por TXRF, XRD E SEM/EDS

Jesus, S. L.^{1*}, Nascimento Filho, V. F.², Costa, I.¹, Azevedo, A. C.³,
Romero, R. E.⁴, Rossi, J. L.¹

¹ IPEN - CNEN/SP - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Av. Lineu Prestes, 2242 - CEP 05508-000, São Paulo, SP

² Cena - Centro de Energia Nuclear na Agricultura – USP, Piracicaba, SP

³ ESALQ - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Piracicaba, SP

⁴ UFC - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE

* sljesus@ipen.br

RESUMO: O efeito de corrosão do solo sobre estruturas enterradas leva a perdas irreparáveis e, eventualmente, danos estruturais. Abordagens diferentes tentam correlacionar as propriedades do solo com a sua corrosividade, sendo consenso geral que os solos de acidez elevada, alta condutividade elétrica, com quantidades elevadas de umidade e sais dissolvidos, são os mais corrosivos. Óxidos ou hidróxidos são típicos produtos de corrosão de materiais metálicos quando imersos em eletrólitos tais como solos ou outros substratos. A identificação dos produtos de corrosão permite avaliar em que condições esse processo ocorreu e melhorar o conhecimento sobre seu mecanismo. Neste estudo, os cupons metálicos de aço doce (SAE 1020) foram expostos a solução de extrato aquoso do solo durante trinta dias e os produtos de corrosão foram avaliados por difração de raios X - XRD, após adoção de método adequado. Além disso, a solução do solo foi analisada por fluorescência de raios X por reflexão total - TXRF e por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados permitiram a identificação de produtos de corrosão e a proposição de uma nova abordagem para entender as reações de superfície.

Palavras chave: corrosividade dos solos, TXRF, XRD, SEM/EDS, caracterização de solo, solução de extrato aquoso do solo.

1. INTRODUÇÃO

Reações químicas de superfície em materiais metálicos em contato com solos resultam em corrosão, conseqüente fragilização do metal com a diminuição da vida útil e segurança do material empregado, contaminações derivadas por vazamento dos produtos de estocagem, derramamento com liberação contínua de metais pesados, além de acidentes ambientais causados por tubulações sem adequada manutenção. Polidutos e tanques de armazenamento são passíveis de tais ocorrências. Estudos de corrosividade de solos tem sido conduzidos a partir das propriedades físicas e químicas, como condutividade elétrica e pH, entre outras. Contudo, há outros fatores que afetam os processos de corrosão que podem ser avaliados, como, por exemplo, os elementos presentes nas espécies químicas na solução do solo. Quanto aos diversos conceitos sobre solo, um dos mais usuais define-o como um corpo natural proveniente da alteração de rochas, dinâmico e tridimensional, com seções dispostas horizontalmente, apresentando constituintes no estado sólido, líquido e gasoso [1]. Na fase líquida do solo, a solução do solo estão presentes elementos químicos dissolvidos na forma livre ou complexada,

assim como, elementos dissociados como partículas coloidais, demonstrando disponibilidade, mobilidade e maior reatividade química dos constituintes [2-3]. Portanto, a solução do solo, fração componente e altamente reativa no solo em que se concentram elementos químicos dissolvidos, em suspensão ou complexados, pode ser avaliada no estudo nos processos de corrosão por solos com o uso de fluorescência de raios X, conjugada às técnicas de microscopia eletrônica de varredura e difratometria de raios X na avaliação dos produtos de corrosão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Cupons metálicos de aço SAE 1020 com medidas de 45 x 26,2 x 0,8 mm ficaram imersos em extrato aquoso de solução do solo durante trinta dias em béqueres vedados à temperatura ambiente de 20 °C. O extrato aquoso foi obtido pelo método de pasta de saturação [3] a partir de amostras de um Argissolo Vermelho distrófico. Os precipitados formando o corpo de fundo, foram separados por filtragem em filtro comum JP 40 (45 µm e teor de cinzas de 0,00009 g) com posterior secagem da água residual, foram depositados sobre lamínulas de vidro e analisados com um difratômetro de raios X, anodo de cobre (Cu K_α 1,54 Å), velocidade de varredura 2θ de 1,2° min⁻¹, varredura de 3° a 90°, tensão de aceleração de 40 kV e corrente elétrica de 40 mA. Os cupons metálicos foram analisados em um microscópio eletrônico de varredura - SEM acoplado com espectrômetro de energia dispersiva - EDS. Para as análises de TXRF [4-5], foram gotejados 10 µL da solução do solo em suporte de quartzo e analisados em arranjo experimental com luz síncrotron durante 200 s de exposição com corrente elétrica de 178 a 227 mA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tab. 1 apresenta as concentrações dos elementos químicos na solução do solo obtida por TXRF. Em relação aos elementos químicos presentes, destacam-se os teores de cloro e enxofre na solução do solo que estão associados a ações relevantes nos processos de corrosão.

Tabela 1. Concentrações dos elementos químicos na solução do solo obtida por fluorescência de raios X por reflexão total.

Elemento	Concentração (ppm)
P	0,2088
S	0,1498
Cl	0,1028
K	0,0521
Ca	0,0289
Fe	0,0028

A Fig. 1, obtida por SEM, destaca a forma geral como os produtos de corrosão se apresentam ora em partículas grosseiras ora finamente distribuídas no entorno dos aglomerados. A Fig. 2 detalha a morfologia das fases presentes com precipitados finos na forma acicular e globular com as evidentes formas de placas ressaltadas na Fig. 3. A análise composicional obtida por EDS na região anterior em vista geral e puntual na Fig. 4 corrobora a resposta do difratograma de raios X da Fig. 5 onde são identificadas as principais fases como lepidocrocita, goetita, magnetita, maghemita, hematita e gibbsita, típicos óxidos e hidróxidos nos processos de corrosão.

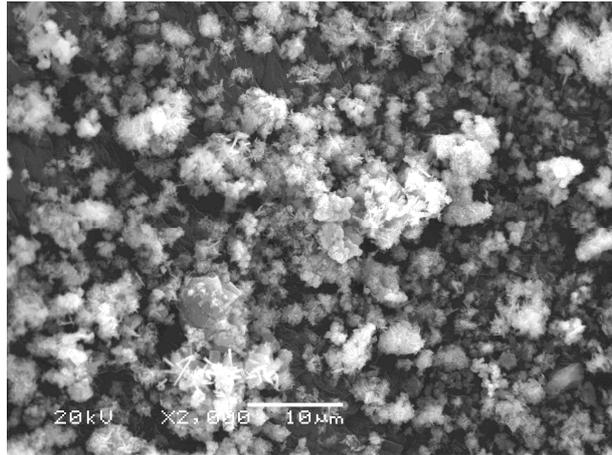


Figura 1. Micrografia eletrônica de varredura apresentando o aspecto geral dos produtos de corrosão precipitados durante o experimento.

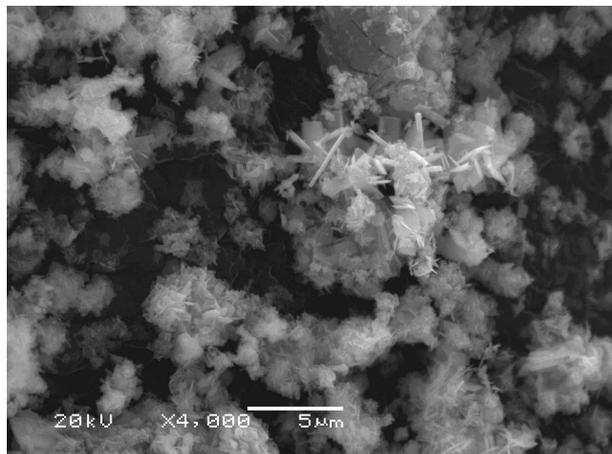


Figura 2. Micrografia eletrônica de varredura mostrando partículas representativas das diferentes fases formadas pelo processo de corrosão, em maior ampliação que a da Fig. 1.

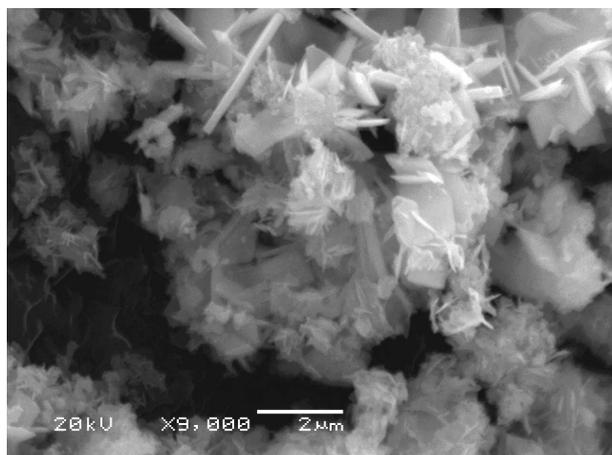


Figura 3. Micrografia eletrônica de varredura mostrando detalhes de fases presentes - goetita e gibbsita.

REFERÊNCIAS

1. EMBRAPA, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 1ª. Ed., Rio de Janeiro, 1999.
2. Wollt J. D. Soil Solution Chemistry: Applications to Environmental Science and Agriculture, John Wiley & Sons, Inc., 1994.
3. Rhoades, J. D. Soluble Salts. In A. L. PAGE, Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.167-179. (Agronomy monograph, 9)
4. Prange, A. Total reflection X-ray spectrometry: method and applications. Spectrochem. Acta, 44B, 1989, p. 437-452.
5. Nascimento Filho, V. F.; Poblete, V. H.; Parreira, P. S.; Matsumoto, E.; Simabuco, S. M.; Espinoza, E. P.; Navarro, A. A. Limits of detection of a total reflection X-ray fluorescence system with double reflection module. Biological Trace Element Research, Totowa, New Jersey/USA, 71-2, 1999, p. 423–430.

A NEW APPROACH TO EVALUATE SOIL CORROSION IN METALLIC MATERIALS USING TXRF, XRD AND SEM/EDS

ABSTRACT: The effect of soil corrosion on buried structures is sometimes irreparable losses and, eventually, structural damage. Different approaches try to correlate soil properties with its corrosivity, and there is a general agreement that soil of high acidity, electrical conductivity, moisture and dissolved salts contents are the most corrosive. Oxides or hydroxides are typical corrosion products of metallic materials when immersed in electrolytes or in environmental as marine and industrial atmosphere, for example. Identifying corrosion products permits evaluate the conditions when this process occurs and improving the knowledge of involved reactions. Metallic coupons of plain steel (SAE 1020) were exposed to aqueous extract soil solution during thirty days and the precipitates from corrosion process were evaluated by X-ray diffraction - XRD, scanning electron microscopy – SEM and energy-dispersive spectrometry – EDS coupled with proper methodology. Also, soil solution was analyzed using Total Reflection X-Ray Fluorescence - TXRF. Results showed positive identification of corrosion products and the possibility to new approach in order to understand surface reactions.

Keywords: soil corrosiveness, TXRF, XRD, SEM/EDS, soil characterization, aqueous soil solution.