

## **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CARVÃO DE CANDIOTA-RS EM PROCESSOS CORROSIVOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS**

Nayana S. de Vargas<sup>1</sup>; Anderson Cagliari<sup>2</sup>;  
 Luciana M. Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pampa - [nayana.eq@gmail.com](mailto:nayana.eq@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pampa - [andercagliari@yahoo.com.br](mailto:andercagliari@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Pampa - [luciana.rodrigues@unipampa.edu.br](mailto:luciana.rodrigues@unipampa.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

A principal reserva de carvão mineral do Brasil está localizada no Rio Grande do Sul, na cidade de Candiota (PIRES et al., 2001). Dentre as principais aplicações deste minério têm-se a geração de energia elétrica e de calor, necessários aos processos industriais. Segundo dados da Companhia Riograndense de Mineração, foram extraídas no ano de 2011, 2 milhões e 67 mil toneladas de carvão mineral. Sendo o grande mercado consumidor a Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (Eletrobras-CGTEE) que gerou no ano de 2012, 1 milhão e 900 mil GWh de energia elétrica.

Segundo Gentil (2008), no processo de extração do carvão mineral há elevada produção de material particulado, que possui grande poder de adsorção de gases como CO, CO<sub>2</sub> e NO, que com a umidade do ar formam substâncias corrosivas, como ácido nítrico e sulfúrico. Há também formação de substâncias agressivas aos metais durante a queima do carvão, para a geração de energia ou vapor, devido a liberação de C, H e S. Estes elementos reagem com o O<sub>2</sub>(g) presente na atmosfera formando CO(g), CO<sub>2</sub>(g), SO<sub>2</sub>(g) e SO<sub>3</sub>(g), que combinados com a atmosfera úmida, geram ácidos como H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. Estas substâncias ao precipitarem na forma de chuva ácida depositam-se sobre estruturas metálicas expostas à atmosfera podendo causar sua deterioração.

A corrosão de equipamentos metálicos provoca alterações prejudiciais indesejáveis que podem chegar à perfuração da estrutura metálica, contaminando produtos ou o meio onde o equipamento se encontra. Portanto, o estudo dos materiais e dos processos corrosivos se faz necessário, como forma de preservar a integridade dos seres vivos e do meio ambiente (ARAÚJO, 2003).

O objetivo deste trabalho consiste na avaliação da influência do carvão de Candiota no processo corrosivo de estruturas metálicas enterradas em solo rico em carvão e expostas à atmosfera industrial, rica em material particulado de carvão. Para tal, realizou-se a caracterização do carvão de Candiota e simulação de corrosão, por meio de testes eletroquímicos, do contato direto de amostras metálicas com material particulado de carvão e da exposição destas à atmosfera industrial de usina termoeletrica (UTE).

### 2. METODOLOGIA

A amostra de carvão mineral utilizada neste trabalho foi extraída da jazida de carvão mineral da cidade de Candiota, sendo fracionada e pulverizada para a realização do estudo. As amostras metálicas submetidas aos ensaios de corrosão foram obtidas a partir de uma seção de duto de aço carbono tipo API 5L Grau B e preparadas através de corte (0,7 cm<sup>2</sup>), seguido de polimento com lixas d'água até granulometria de 2500# e caracterização por microscopia ótica.

A caracterização da amostra de carvão foi realizada por meio de MEV (microscopia eletrônica de varredura), análise termogravimétrica (TG), análise de área superficial (método BET), análise de condutividade elétrica (CE), e análises espectroscópicas FTIR e Raman.

Para avaliar a influência do carvão puro particulado e do material proveniente da combustão deste minério, em processos corrosivos, amostras metálicas de aço foram imersas em um recipiente contendo carvão pulverizado e expostas a atmosfera industrial de UTE, durante 6 meses. Para a avaliação da influência de compostos solúveis de carvão, ensaios eletroquímicos em solução de carvão lixiviado foram realizados, sendo empregada uma célula eletroquímica a três eletrodos conectada a potenciostato. Os testes foram realizados a velocidades de varredura de 0,1 e 0,001 V/s, variando-se o intervalo de varredura de potenciais. Após os ensaios eletroquímicos, as amostras foram analisadas morfologicamente por microscopia ótica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise microscópica das partículas de carvão revelou que estas são compostas por sólidos densos de superfície relativamente lisa (Fig. 1a). Por meio da análise termogravimétrica do carvão verificou-se que 13% da amostra se decompôs na faixa de 428 a 561°C e 38% na faixa de 190 a 428°C (Fig. 1b). O espectro de infravermelho (Fig. 1c) indicou a presença de típicas ligações O-H, C-H alifático, C=O de carboxilas, anéis aromáticos e C-O. O espectro Raman (Fig. 1d) revelou dois picos que indicam vibrações C-C em estruturas aromáticas e diferentes tipos de defeitos estruturais comuns ao carvão. Pela análise por BET, verificou-se que as partículas de carvão possuem uma área superficial de 9,064 m<sup>2</sup>/g. A condutividade elétrica dessas partículas foi de 0,1 µS/m<sup>2</sup>.

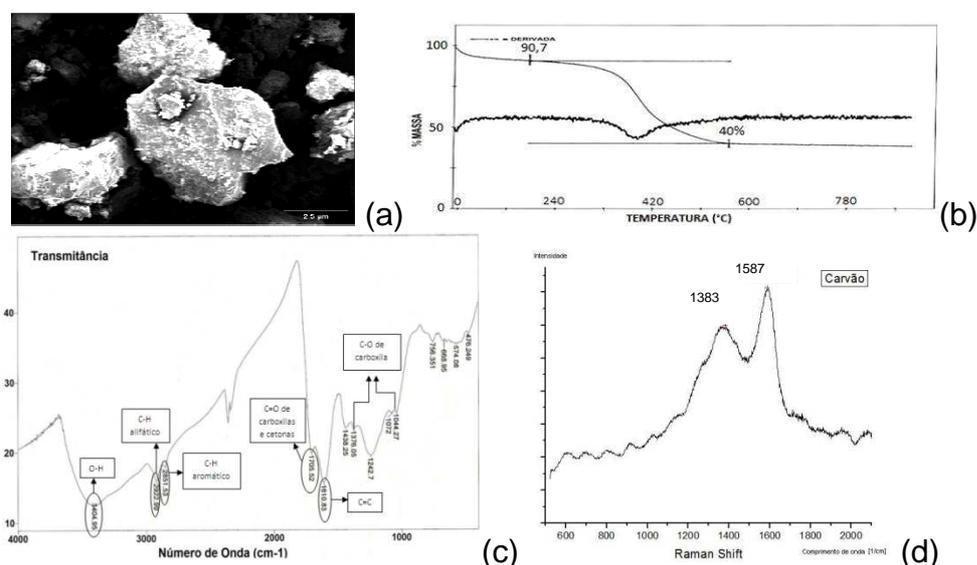


Figura 1: Caracterização do carvão mineral de Candiotá por MEV (a), análise termogravimétrica (b), FTIR (c) e Raman (d).

Foi possível detectar por meio de microscopia ótica das amostras metálicas preparadas a presença de inclusões não-metálicas de compostos de enxofre, típicas do aço carbono tipo API (Fig. 2a). Ao simular-se a corrosão das amostras de aço, expondo-as ao contato direto com carvão pulverizado, detectou-se aos 60 dias de exposição a nucleação do processo corrosivo (Fig. 2b), aos 90 (Fig. 2c) e

180 (Fig. 2d) dias de exposição observa-se grande quantidade de produtos de corrosão. Nota-se que os ataques foram nucleados sobre as inclusões do aço.

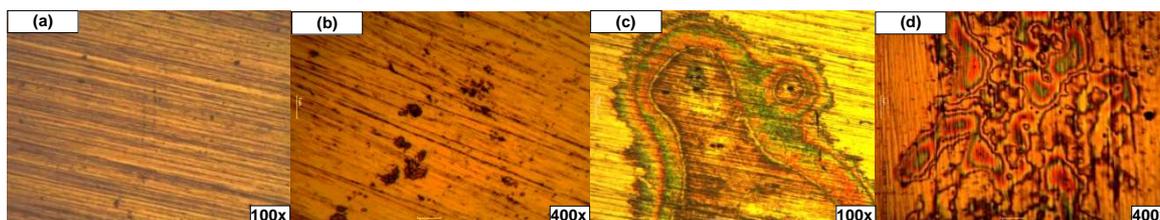


Figura 2: Aço carbono API antes de simulação (a) e após 60 (b), 90 (c) e 180 (d) dias de exposição ao particulado de carvão

Verificou-se na simulação da corrosão do aço em atmosfera industrial de UTE a intensa agressividade do meio, mesmo logo após o 1º mês de exposição, evoluindo para uma corrosão generalizada em toda a extensão do metal (Fig. 3).



Figura 3: Amostras de aço expostas à atmosfera industrial após 30 (a), 60 (b), 90 (c), 120 (d), 150 (e) e 180 (f) dias.

Os ensaios eletroquímicos foram realizados em três condições, na varredura de potenciais entre -1,78 a +1,78 V a uma velocidade de 0,1 V/s, observou-se o ataque corrosivo sob forma de pite (Fig. 3a), restringindo-se a faixa de potenciais para -0,78 a +0,78 V, verificou-se a nucleação do ataque corrosivo (Fig. 3b). Diminuindo-se a velocidade de varredura para 0,001 V/s e mantendo a faixa de potenciais de -0,78 a +0,78 V, foi observada a formação de produtos de corrosão sobre toda a extensão da amostra de aço (Fig. 3c).

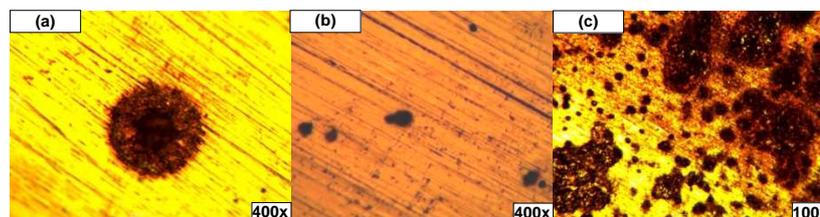


Figura 4: Amostras submetidas aos ensaios eletroquímicos na velocidade de varredura de 0,1 V/s entre os potenciais de -1,78 a +1,78 V (a) e -0,78 a +0,78 V (b), e na velocidade de 0,001 V/s entre os potenciais de -0,78 a +0,78 V (c)

#### 4. CONCLUSÕES

O carvão de Candiota é composto por grupos aromáticos e grupos funcionais simples e cadeias alifáticas. O processo corrosivo simulado de amostras metálicas em contato direto com o carvão de Candiota pulverizado, indica a nucleação do ataque e intensa formação de produtos de corrosão ao final da simulação. Nas amostras expostas a UTE observou-se corrosão generalizada. Ataques localizados e a nucleação do processo corrosivo também foram observados nas amostras submetidas aos componentes solúveis do carvão.

As estruturas metálicas em geral, como tubulações, equipamentos, tanques de armazenamento, expostas a atmosferas ricas em carvão e seus derivados, devem ser adequadamente protegidas e monitoradas, evitando-se futuros danos e acidentes causados pela corrosão.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GENTIL, V. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

ARAÚJO, H. **Fundamentos da Corrosão**. Curitiba, 2003.

Pires, M.; Querol, X. e Teixeira, E. C. Caracterização do Carvão de Candiota e de suas Cinzas. **Geochim. Brasiliensis**, v. 15 (1/2), p. 113-130, 2001.