



**Avaliação Preliminar do Efeito Corrosivo em Placas de Circuito Impresso
Inseridas em Rádios Comunicação Utilizados em Áreas Portuárias e Áreas
Mineradoras Associadas ao Transporte e à Manipulação de Minério de Ferro**

Ferreira, C.R.⁽¹⁾, Amaral, K.M.B.⁽²⁾

^(1,2) Instituto Federal Minas Gerais – IFMG, Ouro Branco – MG – Brasil.

E-mail: ⁽¹⁾ carlos.ferreira@ifmg.edu.br

RESUMO:

O uso de aparelhos de rádio comunicação se baseia em fatores econômicos e uso de frequências rastreáveis. Diversas falhas desses equipamentos são ocasionadas por corrosão decorrente das condições de uso. O objetivo do presente trabalho é caracterizar, de forma preliminar, o processo corrosivo ocorrido nos componentes e trilhas de cobre presentes nas placas de circuito impresso – PCI's inseridos em rádios de comunicação. Como metodologia, 10 equipamentos, novos, de um certo modelo de rádio comunicador, foram postos em serviço em um ambiente de extração de minério de ferro e, em ambiente marinho, associado à manipulação de minério de ferro. Após “vida útil em serviços” fez-se o desmonte dos rádios e para cada PCI procederam-se análises que evidenciaram taxas de corrosão da ordem de 0,0035 mm/ano e 0,0029 mm/ano para, respectivamente, PCI's utilizadas em ambiente marinho ao transporte e à manipulação de minério de ferro e de extração de minério de ferro.

Palavras-chave: Placa de Circuito Impresso. Corrosão. Minério de Ferro. Ambiente marinho.

INTRODUÇÃO

Os circuitos impressos são trilhas condutoras de cobre, geralmente revestidos por ligas à base de estanho ou de níquel, construídos em placas isolantes, como exemplo a fibra de vidro envolta com resina epóxi, formando as Placas de Circuito Impresso - PCI's que viabilizam a transmissão de propriedades eletrônicas entre componentes eletrônicos (1). Os circuitos impressos tiveram uma maior desenvoltura, quando foram empregados em equipamentos de rádio utilizados na área militar em situações para as quais o circuito funcionasse em ambientes extremamente adversos (2).

A escolha dos componentes presentes em uma placa depende das aplicações havendo, assim, uma ampla gama de materiais utilizados na fabricação das PCI's e aspectos técnicos tais como o número de faces, a resistência à tração e ao cisalhamento, a rigidez dielétrica pode determinar o tipo de material a ser utilizado e como os materiais serão distribuídos na formação do componente eletrônico. Questões relevantes, como ambientes úmidos, dissipação de calor, etc., podem gerar necessidades específicas para cada aplicação (3).

Trabalhos indicam que praticamente todos os materiais metálicos presentes em uma PCI são suscetíveis à corrosão quando sujeitos a ambientes severos, especialmente se íons agressivos estiverem presentes e, sendo assim a maioria das falhas em eletrônicos, são ocasionadas por corrosão. Dentre os mais comuns tipos de corrosão que ocorrem na eletrônica cita-se a corrosão galvânica e a migração eletroquímica. Tais falhas não são facilmente detectadas durante as análises e ocorrem, muitas vezes, devido às condições de uso em ambientes úmidos associados ou não aos contaminantes. (4)

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar, de forma preliminar, o processo corrosivo que ocorre nos componentes e trilhos de cobre, presentes nas placas de circuito impresso – PCI's, inseridas em equipamentos de telecomunicação utilizados em áreas com elevada concentração salina na atmosfera e, em áreas de elevada concentração de partículas de minério de ferro suspensas na atmosfera, e, assim, verificar se a ocorrência da corrosão tem influência desses particulados.

MATERIAIS E MÉTODOS.

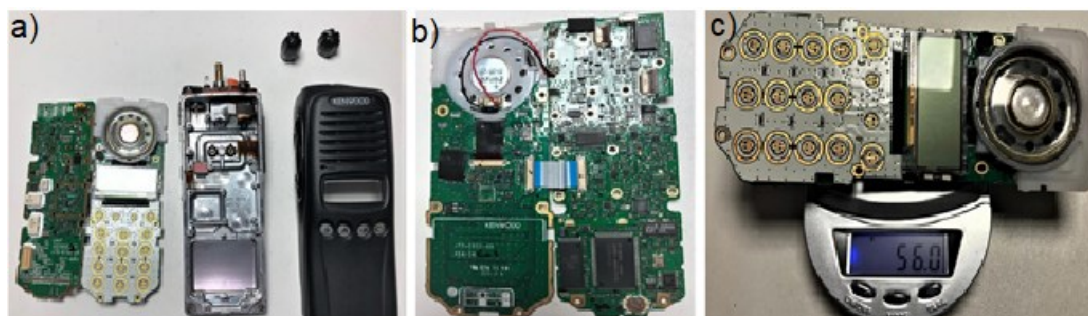
Um certo modelo de rádio, como mostrado na figura 1 (a) e (b), foi alocado em dois grupos contendo, em cada, 05 equipamentos novos e, em seguida, foram postos em serviço em um ambiente de extração de minério de ferro e em ambiente marinho associado ao transporte e à manipulação de minério de ferro. As placas de circuito impresso dos respectivos equipamentos foram rastreadas pelo número do patrimônio, colado no chassi de cada rádio, possibilitando, assim, identificar os períodos e locais por onde os equipamentos passaram até obter o laudo de perda total por corrosão.

Figura 1: Exemplos de rádios de comunicação avaliados; (a) rádios em perfeito estado, (b) rádios inutilizados por eventos associados à corrosão.



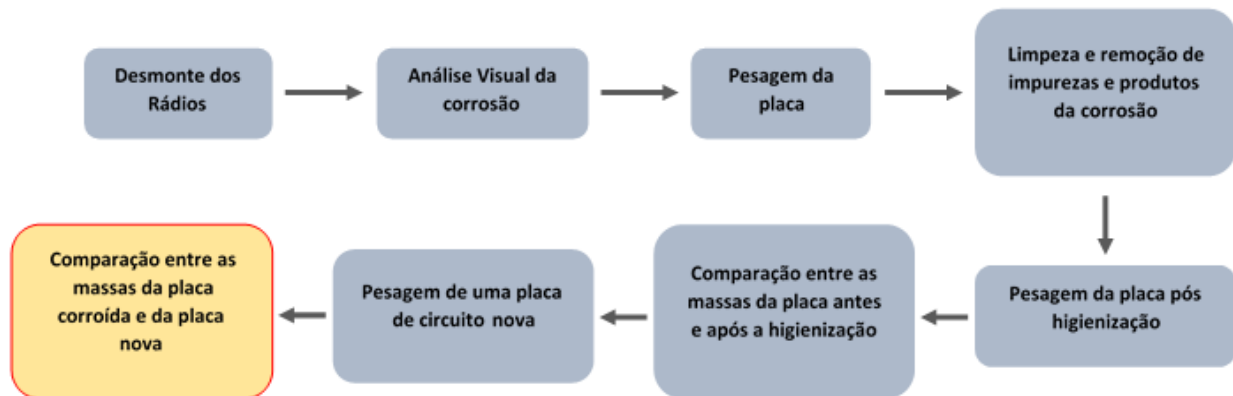
Todos os rádios foram abertos, analisados visualmente e submetidos à pesagem para obtenção da massa total. A Figura 2 (a), (b) e (c) mostra aspecto das PCI'S no estado de entrega.

Figura 2: Exemplos de rádios de comunicação avaliados; (a) em perfeito estado; (b) placa em perfeito estado pós-higienização; e (c) pesagem do corpo de prova em perfeito estado.



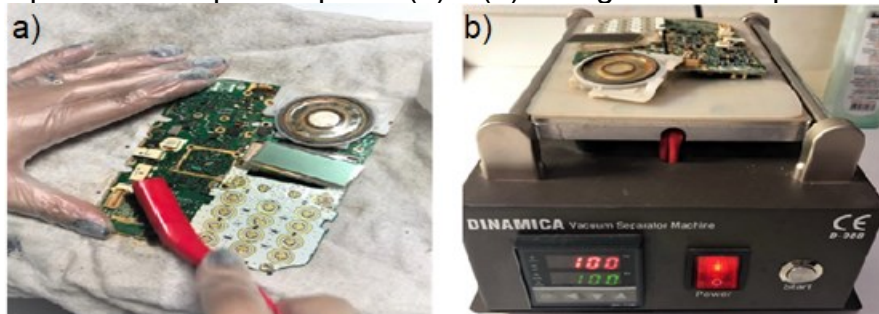
Após “vida útil em serviços”, conforme ilustrado na Figura 3, fez-se o desmonte dos rádios e para cada PCI procederam-se às demais avaliações.

Figura 3: Fluxograma de análise dos corpos de prova.



Para remover partículas de minério de ferro ou de alguma outra impureza que impediram o funcionamento adequado dos rádios, foram utilizados sopros de ar comprimido, escovação mediante o uso de escova antiestática e lavagem com isopropanol, com pureza de 99,8 %. Para aquecer e remover qualquer vestígio de umidade que ainda estiver presente na PCI, foi utilizado um equipamento de separação a vácuo a 100°C. A Figura 4 (a) e (b) apresentam os aspectos relativos à remoção das impurezas presentes nas PCI'S avaliadas.

Figura 4: Limpeza dos corpos de prova (a) e (b) secagem dos corpos de prova.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise visual

Assim que os rádios foram desmontados, conforme visto na Figura 5 (a), fez-se a observação dos aspectos visuais, coloração e a quantidade de produtos de corrosão existentes sobre as placas. As placas que estavam em um ambiente

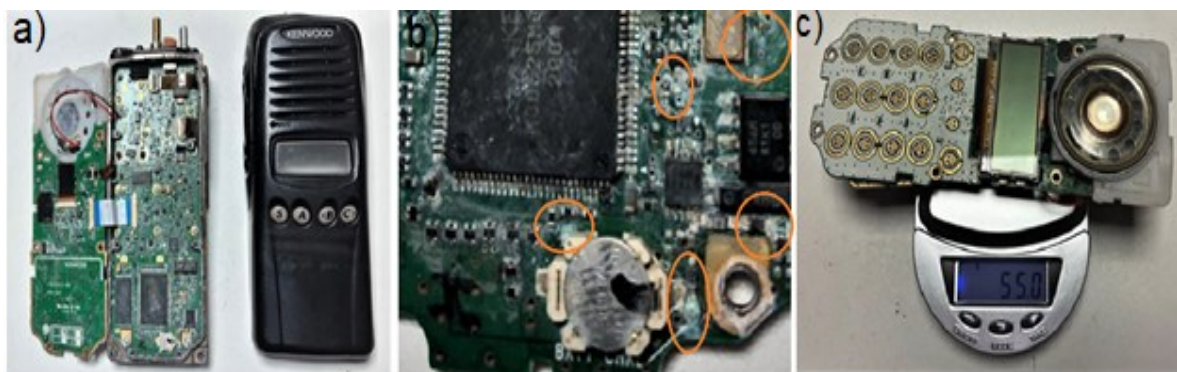
minerador, conforme a Figura 5 (b) e (c), apresentaram como produto de corrosão uma substância de coloração amarronzada que provavelmente é o Cu_2O . Foi observado, ainda, que a parte inferior das placas apresentou maior intensidade de resíduos associados à corrosão e, tal aspecto pode ser explicado pela ocorrência de um provável fluxo vertical de umidade em contato com a PCI.

Figura 5: Rádio usado em ambiente minerador: (a) e (b) desmontado, (c) pesagem de uma PCI antes da limpeza e (d) pesagem da PCI após higienização e secagem.



As placas de circuito impresso avaliadas em ambiente marinho, se comparadas àquelas avaliadas em ambiente de extração de minérios de ferro e conforme ilustrado na figura 6 (a), apresentaram menor quantidade de resíduos associados à corrosão e sua coloração, branca, não estava em evidência. Entretanto, ao se aproximar da luz, foi possível ver, como destacado na figura 6 (b), a coloração esverdeada em alguns pontos. Tais observações indicam que os possíveis produtos formados podem estar associados à presença de diversos compostos de cobre e, esses, constituirão estudos futuros.

Figura 6: Rádio usado em ambiente marinho; (a) desmontado, (b) detalhes de pontos esverdeados na superfície da PCI e (c) pesagem da PCI.



Pesagem das placas

A pesagem das placas foi realizada antes e após a limpeza final. Aquelas em perfeito estado apresentaram massa, média, de 56 g. As placas submetidas à avaliação em área de extração de minério de ferro apresentaram, após desmontagem, a massa média de 55,6 e, após a limpeza total, o valor de massa, média, de 55,1 g, conforme mostrado na Figura 5 (d). Houve, entre duas etapas de pesagem, uma perda, 0,5 g, e essa se refere aos produtos gerados pela corrosão e/ou outras impurezas removidos de cada placa. Sendo assim, a perda total de massa foi de 0,9 g em média.

As placas submetidas à avaliação em áreas sob ambiente marinho apresentaram após desmontagem massa, média, de 55,0 g, porém, para essas, não houve diferença significativa de massa antes e após sua limpeza total.

Taxa de corrosão

A avaliação correta dessas taxas e o emprego de expressões matemáticas é importante para a determinação da provável vida útil de equipamentos (ABRACO, [s.d.]). Para fins de padronização, mediante medições, ficou estabelecido como área exposta (S) o valor de 60 cm² e espessura de 1,60 mm. A correlação entre valores dimensionais e massa, média, das PCI'S resultou na massa específica de 5,83 g/cm³.

Quanto ao tempo de uso e consequente fim da vida útil dos rádios de comunicação em ambiente de extração de minério de ferro e em ambiente marinho associado ao transporte e à manipulação de minério de ferro, têm-se, respectivamente, 1604 e 1467 dias.

Calculando a Equação A, obtiveram-se as taxas de corrosão de 0,002927 mm/ano e 0,003556 mm/ano para PCI'S avaliadas, respectivamente, em ambiente de extração de minério de ferro e em ambiente marinho associado ao transporte e à manipulação de minério de ferro.

$$\text{mm/ano} = \frac{3,65 \times \Delta m}{S \times t \times \rho} \quad (A)$$

Onde:

mm/ano = a perda de espessura, em mm por ano

Δm = perda de massa, em mg

S = área exposta, em cm²

t = tempo de exposição, em dias

ρ = massa específica do material, em g/cm^3

CONCLUSÕES

As placas de circuito impresso inseridas em ambientes mineradores apresentaram visualmente um aspecto corrosivo maior, entretanto, ao calcular sua taxa de corrosão, percebeu-se que a perda de massa das PCI'S do ambiente marinho associado ao transporte e à manipulação de minério de ferro, de 0,003556 mm/ano, foi maior e em menor intervalo de tempo, com isso pode-se afirmar que uma atmosfera marinha tem o poder de acelerar o processo corrosivo das PCI'S

Quanto ao minério de ferro, não se pode afirmar que ele tem o papel de acelerar ou mesmo promover a corrosão nas PCI'S, o que se pode dizer é que a presença desse particulado em suspensão na atmosfera pode provocar a corrosão por aeração diferencial e, para se ter a certeza da interação do minério com os produtos corrosivos, uma futura análise por MEV e outras técnicas faz-se necessário verificar os elementos químicos presentes trará um resultado coerente.

Apesar da aparente corrosividade ocorrida pela exposição das PCI's nos dois ambientes ser considerada baixa, vale ressaltar aqui que os trilhos de cobre presentes nessas placas possuem apenas micrômetros de espessura, assim sendo, é preciso levar em consideração que a perda de um picograma do material pode causar a falha eletrônica nos rádios de comunicação.

O presente trabalho mostra a necessidade quanto à execução de análise dos produtos químicos formados em decorrência de eventos corrosivos no intuito de caracterizar a presença de elementos contidos no minério de ferro e a implementação de ambientes simuladores a fim de testar a resistência de possíveis películas protetivas, e a referida atividade tornar-se-á projeto futuro.

REFERÊNCIAS

- (1) TEC-CI. Circuitos Impressos. Corrosão de placas de circuito impresso. Disponível em: <<https://tec-ci.com.br/blog/circuito-impresso/corrosao-circuito-impresso/>>. Acesso em: 9 out. 2020.
- (2) HELERBROCK, R. Transistor. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transistor.htm>>. Acesso em: 19 jul. 2020.
- (3) STRABELLI, P. G. *et al.* Influência de variáveis de sinterização na microestrutura de peças de PTFE moldadas por prensagem isostática. *Polímeros*, vol. 24, n. 5, p.

612-619, 2014. ISSN 0104-1428. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.1660>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

(4) JELLESEN *et al.* Corrosion in electronics: Overview of failures and countermeasures. Proceedings of EuroCorr, 2014. Disponível em:

<<https://www.semanticscholar.org/paper/Corrosion-in-electronics-a-overview>> Acesso em 9 out. 2020.

ABSTRACT

The use of radio communication devices is based on economic factors and the use of traceable frequencies. Several failures of this equipment are caused by corrosion resulting from the conditions of use. The objective of this work is to characterize, in a preliminary way, the corrosive process occurring in the components and copper tracks present in printed circuit boards – PCBs inserted in communication radios. As a methodology, 10 new pieces of equipment, of a certain model of radio communicator, were put into service in an iron ore extraction environment and, in a marine environment, associated with the handling of iron ore. After “useful service life”, the radios were dismantled and for each PCI, analyzes were carried out which showed corrosion rates of the order of 0.0035 mm/year and 0.0029 mm/year for, respectively, PCIs used in marine environment to the transport and handling of iron ore and the extraction of iron ore.

Keywords: Printed Circuit Board. Corrosion. Iron Ore. Marine environment.