

## ANÁLISE E RECONHECIMENTO DE CORROSÃO ALVEOLAR EM SUPERFÍCIES METÁLICAS UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO TERRESTRE

Cristiane Oliveira Santos<sup>1</sup>, Julio Cesar de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista UFVCredi, UFV, Viçosa-MG, cristiane.o.santos@ufv.br

<sup>2</sup> Engº Agrimensor, Professor Adjunto UFV, Viçosa, MG, oliveirajc@ufv.br

**RESUMO:** O processo de corrosão danifica as estruturas metálicas, tornando-as mais frágeis e diminuindo sua vida útil, acarretando em grandes prejuízos financeiros para o país. Sendo assim, uma análise que permite identificar a ocorrência, bem como a localização e a intensidade dos processos corrosivos em estruturas metálicas de forma rápida e barata, contribui diretamente na tomada de decisões corretivas e/ou preventivas. O presente trabalho teve como objetivo realizar a análise e reconhecimento da corrosão alveolar utilizando o sensoriamento terrestre por meio de câmeras integrada à aparelhos telefônicos móveis. Para tanto, o uso do software livre GeoDMA foi essencial no processo de segmentação, classificação e validação das imagens. Apresentando como resultado uma classificação com 100% de confiabilidade, média da acurácia e exatidão global, juntamente com um valor de índice Kappa igual a 1, considerado excelente. Mostrando assim o grande potencial do estudo na detecção de corrosão alveolar em estruturas metálicas, viabilizando o avanço técnico e científico na área de pesquisa proposta, podendo vir a ser implementado aos demais tipos de corrosão existentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** corrosão, estrutura, sensoriamento.

**INTRODUÇÃO:** Detectar o processo de corrosão em superfícies metálicas, principalmente aquelas que são empregadas na construção civil, é fundamental para o planejamento de uma manutenção adequada das superfícies. O processo de corrosão danifica as estruturas metálicas, tornando-as mais frágeis e diminuindo a vida útil. No Brasil os prejuízos anuais decorrentes de processos de corrosão são estimados em 3,5% do Produto Interno Bruto (PIB), aproximadamente 10 bilhões de dólares (VIANA, 2008), sendo esse valor ainda maior para os países desenvolvidos. Assim, uma análise que permite identificar a ocorrência, bem como a localização e a intensidade dos processos corrosivos em estruturas metálicas, contribui diretamente na tomada de decisão relacionada às medidas corretivas e/ou preventivas que possibilitam a redução de danos estruturais. Em muitos casos a identificação dos processos corrosivos em estruturas metálicas utilizadas na construção civil demandam de métodos de levantamentos subjetivos e diretamente relacionados à experiência do analista. Na literatura diversos estudos foram realizados com o propósito de reconhecimento de deformação de superfícies a partir de sensoriamento remoto terrestre, como por exemplo a pesquisa realizada na Universidade de Lisboa (CHEN et al., 2011). Juntamente com trabalhos apresentados anteriormente, como a implementação de técnicas de fotogrametria para a determinação de orientação de fraturas ocasionadas por estresse da estrutura (NELSON; BEAVERS, 1979). O uso de sensoriamento remoto terrestre pode ser considerado como uma forma segura e objetiva para o monitoramento e a identificação de processos corrosivos em estruturas metálicas. A aquisição de imagens com uma câmara integrada a aparelhos telefônicos móveis permite, de forma rápida e barata, que o analista registre as condições da estrutura de interesse. Por meio de uma análise da resposta espectral do alvo, é possível identificar os locais sobre a estrutura que apresentam um comportamento destoante. Neste trabalho avaliou-se o processo de corrosão alveolar que se processa na superfície metálica produzindo sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos, onde o fundo é arredondado e a profundidade geralmente menor do que seu diâmetro (GENTIL, 2011).

**MATERIAL E MÉTODOS:** A coleta de dados para o estudo foi realizada no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde a construção de edifícios metálicos se faz presente em grande quantidade. Para a aquisição das imagens de corrosões fez-se uso de um aparelho de telefone celular modelo iPhone 6, com câmara de 8 megapixel e resolução de 3264 x 2448 pixels, uma vez que a implementação de uma câmara que trabalha apenas no espectro visível (comprimentos de ondas vermelho, verde e azul) para a detecção de corrosão em estruturas metálicas resulta em um melhor

desempenho do que câmeras infravermelho, scanner 3D, ultrassom e sensor a laser (ROBERTS, 2016). Durante o processo de aquisição das imagens observou-se as condições de luminosidade e o posicionamento do equipamento em relação ao alvo de interesse de forma a possibilitar uma melhor aquisição das informações espectrais da corrosão. Para a parte da análise computacional, segmentação, classificação, assim como validação, foi utilizado o software de livre acesso GeoDMA - Geographic Data Mining Analyst (Mineração de Dados Geográficos) que integra métodos de análise de imagens com técnicas de mineração. Já o estudo da corrosão levou-se em conta o entendimento das suas possíveis causas e prováveis locais de ocorrência, desse modo, o tipo alveolar (figura 1) foi escolhido.

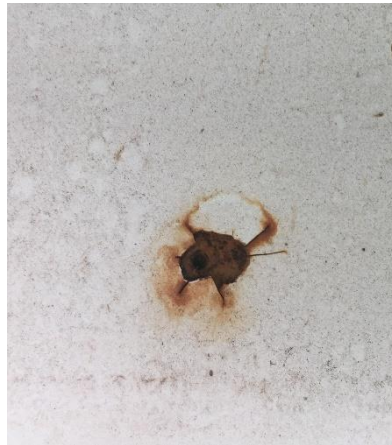


Figura 1 - Corrosão Alveolar.

A técnica de segmentação, extração dos limites dos objetos, empregou o algoritmo Crescimento por Regiões e usou como parâmetros: a distância euclidiana e a área mínima. Sendo este processo repedido inúmeras vezes até a obtenção de um particionamento dos polígonos visualmente adequado. Depois da segmentação, efetuou-se a classificação (categorização de padrões) supervisionada da imagem. Essa metodologia, empregou todos os parâmetros espectrais da imagem, tais como: amplitude, média, soma, desvio padrão, moda, razão, entropia, homogeneidade e dissimilaridade. A árvore de decisão para a classificação por mineração de dados gerada no GeoDMA fez uso do algoritmo C4.5, contido no programa. O processo de validação foi implementado de forma automática, comparando os resultados da classificação às amostras de validação, cerca de 40% das amostras de treinamento selecionadas de forma automática pelo programa. Esta validação resulta em uma Matriz de Confusão, formada por linhas e colunas onde são confrontados os resultados da classificação com as amostras de referência. Os valores distribuídos na diagonal principal desta matriz correspondem aos acertos obtidos no mapeamento. Já os valores dispostos fora da diagonal principal correspondem às confusões de classificação que podem estar associadas à inclusão ou exclusão de classes (CONGALTON, 1991). O GeoDMA também concede o índice Kappa, recomendado como uma medida aceitável de precisão, sendo mais confiável que apenas a média da exatidão global, uma vez que utiliza em um único índice todos os valores da matriz de confusão (CONGALTON e GREEN, 1993). Os valores de Kappa se associam à qualidade da classificação conforme mostra a tabela 2 (LANDIS; KOCH, 1977).

Tabela 1. A qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa.

Valor de Kappa	Concordância
0,00	Péssima
0,01 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito Boa
0,81 – 1,00	Excelente

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados alcançados no processo de segmentação estão localizados na tabela 2 e na figura 2. Sendo apresentado apenas os três mais significativos.

Tabela 2. Diferentes parâmetros de distância euclidiana e área mínima, em companhia com o número de polígonos gerados.

Segmentação	Distância Euclidiana	Área Mínima	Num. de Polígonos
Alta	30	20	3010
Baixa	70	70	92
Melhor	30	80	649

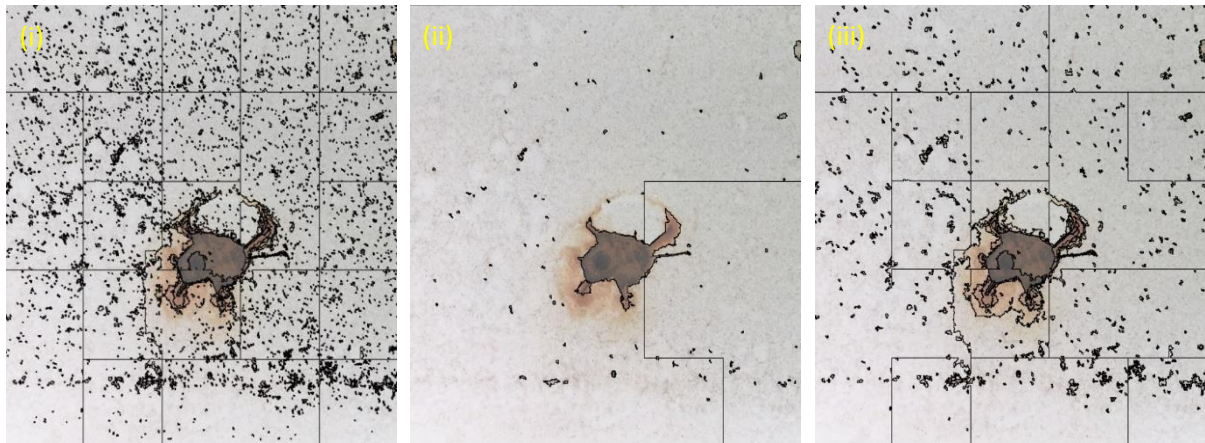


Figura 2 - Imagem (i) alta segmentação, excesso de polígonos. (ii) baixa segmentação, escassez de polígonos. (iii) melhor segmentação, boa definição dos limites dos polígonos.

A segmentação com 649 polígonos (figura 2-iii) foi o melhor resultado obtido, por resultar em uma melhor definição dos limites dos polígonos, sem ocorrência de excesso e nem escassez dos mesmos. Já a classificação da imagem da corrosão alveolar teve como parâmetro classificatório a moda. O produto obtido pela classificação está apresentado na figura 3. E o resultado do seu processo de validação está contido na matriz de confusão apresentada na tabela 3.

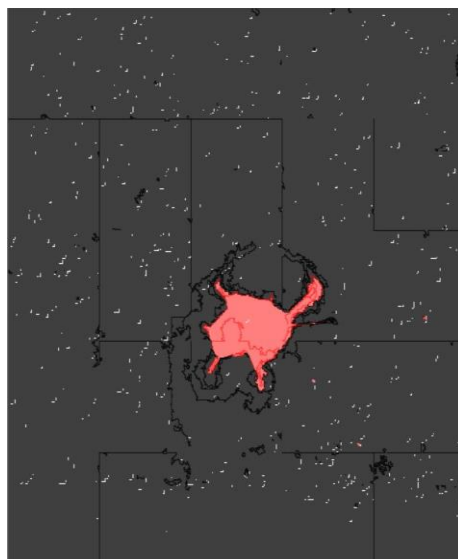


Figura 3 - Classificação da Corrosão alveolar utilizando somente parâmetros espectrais. Na cor vermelha: presença de corrosão, e na cor preta: metal.

Tabela 3. Matriz de confusão gerada para a classificação por mineração de dados no GeoDMA. A média da acurácia (ACC%) foi de 100%. Já a média da confiabilidade em porcentagem foi de 100%, juntamente com a exatidão global, que também foi 100%.

Matriz de Confusão				
Classificação → Referências ↓	Corrosão	Metal	Total	ACC %
Corrosão	2	0	2	100%
Metal	0	8	8	100%
Total	2	8	10	
Confiabilidade %	100%	100%		

Analisando a matriz confusão observa-se que os resultados da média da acurácia, da confiabilidade, assim como da exatidão global (média da diagonal principal) foram ótimos. Não ocorrendo erro algum no processo de inclusão e exclusão de classes. Em vista dos valores apresentados e dos padrões estabelecidos, o resultado do índice Kappa conquistado foi de 1, isto é, de acordo com a tabela 1, este possui grau de concordância excelente. Mostrando assim a qualidade da classificação e o grande potencial da pesquisa realizada.

**CONCLUSÕES:** Os resultados obtidos sinalizaram que a realização da classificação da corrosão alveolar por meio do software livre GeoDMA pode ser feita de forma prática e simples. Tornando possível a utilização de imagens adquiridas por câmeras integradas a aparelhos telefônicos móveis na identificação de regiões de corrosão nas estruturas metálicas. Consequentemente, o estudo viabiliza o avanço técnico e científico na área de pesquisa proposta, podendo vir a ser ampliado aos demais tipos de corrosão existentes.

**AGRADECIMENTOS:** Agradeço ao Professor Julio pela oportunidade e orientação e a UFVCredi pelo apoio financeiro.

#### REFERÊNCIAS:

- VIANA, H. R. G. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.
- CHEN, B.; Garbatov, Y.; Guedes Soares, C. **Automatic Approach for Measuring Deformations in Complex Structures Using Photogrammetry Techniques**. Proceedings of the XXII Pan American Conference of Naval Engineering, Maritime Transportation & Ports Engineering, Buenos Aires, Argentina, 2011.
- NELSON, J.; BEAVERS, J. **The Application of a photogrammetric technique to the determination of the orientation of stress-corrosion fractures**. Metallurgical and Materials Transactions, 1979.
- JUSTINO, R.C. **Mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal da sub-bacia hidrográfica do rio São Tomé**, sul de Minas Gerais, por mineração de dados utilizando imagens IRS-P6/ LISSIII. Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais, Brasil, 2014.
- CONGALTON, R. G. **A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data**. Remote Sens. Environ. 37:35-46, 1991.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **A Practical Look at the Sources of Confusion in Error Matrix Generation**. 68 Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 59, No. 5, May 1993, pp. 641-644.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ed. rev. 4ª Reimpressão. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 2002. 170 p. DPI/INPE. GeoDMA-Geographic Data Mining Analyst. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/menu/Projetos/geodma.php>>. Acesso em: 20 de julho de 2013.
- VICENTE, G. **Corrosão**. Vol. 6, p. 1-51, 2011.
- ROBERTS, N.S. **Corrosion Detection in Enclosed Environments using Remote Systems**. The Alfred University Honors Program, 2016.