

Deteção de crateras de impacto na superfície marciana por meio de técnicas de Morfologia Matemática

Miriam Maria Pedrosa ¹
Pedro Pina ²
Erivaldo Antonio da Silva ¹
José Roberto Nogueira ¹

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/UNESP
Caixa Postal 00 19060 - 900 – Presidente Prudente - SP, Brasil
miriammmmp@hotmail.com, silva.erivaldo@gmail.com, jrnog@fct.unesp.br

² Instituto Superior Técnico, CERENA – Centro de Recursos Naturais e Ambiente
Caixa Postal 147 1049 - 001 - Lisboa, Portugal
ppina@ist.utl.pt

Abstract. Mars' planet exploration is becoming more and more intensive, based on the relevant amount of launched probes to acquiring images and information about this planet. Thus, there's already a large repository of orbital images from Martian surface and indentifying and counting of craters on this images has a crucial importance regarding the study of this planet. Because through this craters identification it's possible to estimate size and frequency from itself and then, to estimate the age of the own land, to understand the craterism and degradation processes; to know the nature of the land subjected to impacts, among others. So, the objective of this work is to identify Martian craters surface by means of techniques of Digital Image Processing with Mathematical Morphology. This work is part of a methodology being developed aiming to the automatic identification of craters on Martian surface. Obtained results have proved the feasibility of Mathematical Morphology techniques in various types of Martian grounds and the same technique can be successfully applied on the mapping area, with a view to detect Martian craters from orbital images. Theses cartographic results may support projects on a variety of knowledge areas interested on Martian surface exploration, such as Geology, Physics, Astronomy, among others.

Palavras-chave: Mars, impact craters, remote sensing, image processing, Marte, crateras de impacto, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

1. Introdução

Crateras de impacto são estruturas formadas por colisões de meteoritos com a superfície de um planeta. Elas são uma das características que mais sobressaem visualmente numa superfície planetária, sendo a sua formação um processo geológico que ocorre em todo o sistema solar.

O estudo dessas estruturas assume importância crucial no estudo dos planetas, devido à grande quantidade de informações que uma análise detalhada de sua distribuição e morfologia pode trazer. Além disso, elas representam a única ferramenta disponível para medir, remotamente, a idade relativa de formações geológicas em planetas. Por meio do conhecimento da geomorfologia das crateras, são possíveis estudos de uma série de questões pendentes na geomorfologia do planeta, tais como o do processo natural de degradação (Soderblom et al., 1976), da análise de variações regionais do material geológico (Cintala et al., 1976), além de ter servido como base para a estratigrafia da Lua e de Marte (Tanaka, 1986).

A identificação de crateras em superfícies planetárias também assume importância crucial para a exploração espacial, visto que o homem tem se preparado para o envio de uma futura missão espacial tripulada para o planeta Marte.

Neste sentido, esta pesquisa propõe uma abordagem para detecção de crateras na superfície de Marte, por meio do uso conjunto de produtos de sensoriamento remoto e técnicas de morfologia matemática (MM).

A justificativa da escolha da MM, dentre as várias técnicas existentes na área de processamento digital de imagens, se dá pelo fato dessa ferramenta possuir a capacidade de analisar a estrutura geométrica dos alvos contidos nas imagens digitais a partir de um conjunto perfeitamente definido e conhecido e ser uma excelente ferramenta não-linear que contribui para a solução de problemas de extração de informação a partir de tais estruturas geométricas.

Esta teve seu desenvolvimento com as primeiras pesquisas de Matheron (1975) e Serra (1982) e seus colaboradores a partir de 1964, na escola Superior de Minas de Paris.

De acordo com Facon (1996), a base da MM consiste no princípio da análise da estrutura geométrica das imagens. Isto é feito através do uso de um conjunto bem definido e conhecido, denominado elemento estruturante.

A utilização do elemento estruturante é a grande potencialidade da morfologia matemática, ele é um conjunto completamente definido e conhecido, tanto o seu tamanho, quanto a sua forma, e é comparado, a partir de uma transformação, ao conjunto desconhecido da imagem. Desta forma ele consiste em extrair informações relativas à geometria e à topologia de um conjunto desconhecido contido em uma imagem.

2. Metodologia de Trabalho

A execução do trabalho teve início com a escolha das imagens a serem utilizadas, na qual escolheu-se duas imagens da superfície marciana, com resolução espacial de 250 m/pixel, adquiridas pela *Mars Orbiter Camera* (MOC) a bordo da sonda *Mars Global Surveyor*.

Na sequência, com base nos tipos de alvos presentes nas imagens, foram selecionadas quais operações morfológicas seriam mais adequadas para processar as imagens em questão com intuito de detectar as crateras de impacto.

As imagens contendo as feições de interesse foram submetidas primeiramente à etapa de pré-processamento, na qual foram utilizados os operadores: *mmaddm*, *mmhbasin* e *mmhdome*. Estes operadores agiram sobre a imagem alterando os valores de brilho e contraste, desta forma as crateras foram realçadas facilitando o processo de detecção das mesmas. Em seguida as imagens foram binarizadas, utilizando o operador *mmbinary*. Na sequência, aplicou-se o operador *mmclose*, que preencheu alguns pequenos ruídos presentes no interior da feição, e por fim o operador *mmopen* que eliminou grande parte dos ruídos presentes na imagem.

Terminada a etapa de detecção, para validar a metodologia desenvolvida, o resultado obtido foi sobreposto às imagens originais. Esta etapa confirmou o potencial de uso da ferramenta morfológica para detecção de crateras de impacto na superfície marciana.

A manipulação das imagens foi realizada na caixa de ferramentas (“*Toolbox*”) de MM, desenvolvida pela *SDC Information Systems*, que roda acoplada ao *software* MATLAB.

3. Resultados e Discussão

Um dos maiores problemas quando se pretende detectar feições em imagem digital é a segmentação excessiva, que ocorre devido ao fato de que as imagens obtidas via sensoriamento remoto, trazem consigo informação não só dos alvos relevantes, mas também de toda a vizinhança do alvo. Assim extrair uma informação específica em superfícies planetárias torna-se uma tarefa difícil.

Desta forma a primeira etapa para a detecção de crateras, foi submeter as imagens ao pré-processamento, visando aumentar o contraste entre o alvo de interesse e os alvos irrelevantes.

A seguir, na Figura 1, são mostradas as imagens originais utilizadas nesse trabalho.

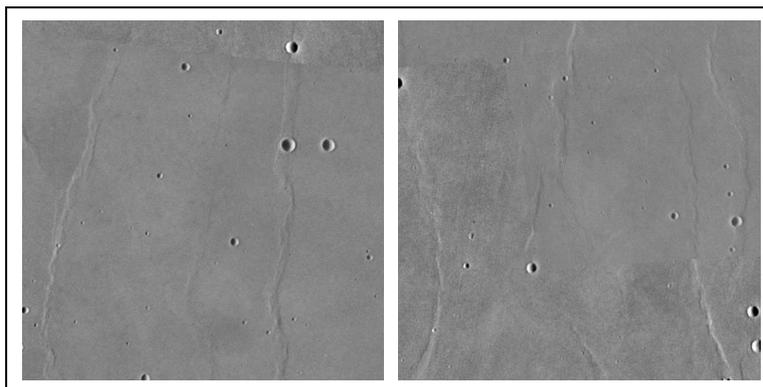


Figura 1: Imagens Originais

Na Figura 1, os alvos que são de interesse são as crateras, porém além das crateras, estão presentes outros alvos na imagem, tais como, irregularidade da superfície, rastros, dunas, e etc. Portanto o primeiro passo no processo de detecção de feições foi eliminar essas feições irrelevantes e esse passo é considerado como a fase de pré-processamento.

O primeiro operador morfológico utilizado foi o *mmaddm*, o qual consiste numa operação de adição. Esta operação foi realizada a partir da soma de um limiar à imagem de entrada. O limiar utilizado foi 70. O resultado da aplicação deste operador é ilustrado na Figura 2.

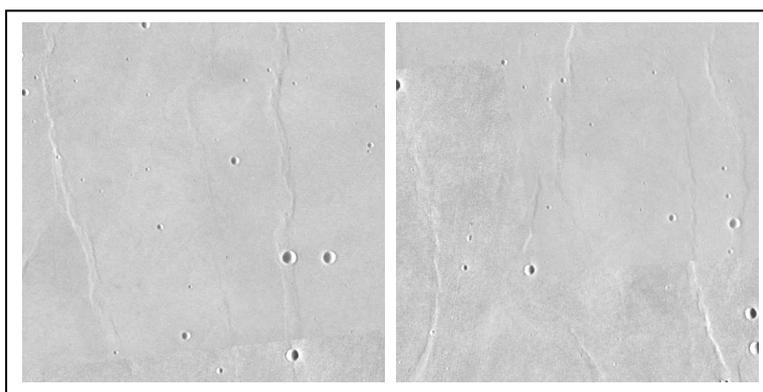


Figura 2: Resultado da aplicação do operador *mmaddm*

Em seguida, foi aplicado o operador *mmhdome*. A finalidade deste operador é remover picos com contraste maior que o de um valor estipulado, removendo ruídos aleatórios distribuídos na imagem. Alguns limiares foram testados e o que se mostrou mais adequado para a área de estudo foi 10. A Figura 3 exhibe o efeito da aplicação deste operador nas duas imagens.

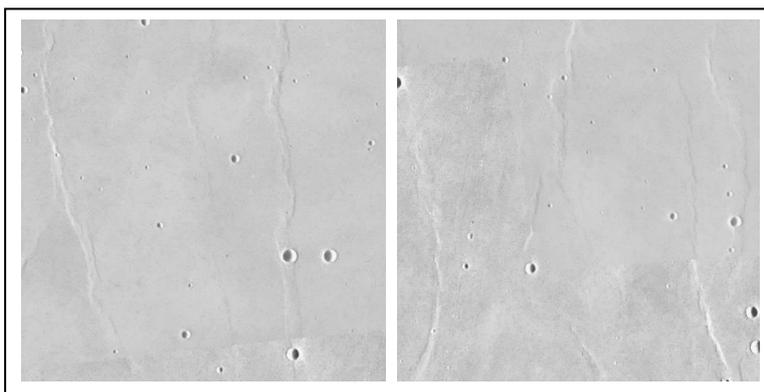


Figura 3: Resultado da aplicação do operador *mmhdome*

Na seqüência, aplicou-se o operador *mmhbasin*, com limiar 20 para cada imagem. Este operador tem a função de remover valores com contraste menor que o limiar escolhido por meio da reconstrução da imagem em tons de cinza. A Figura 4 mostra os resultados de tal aplicação.

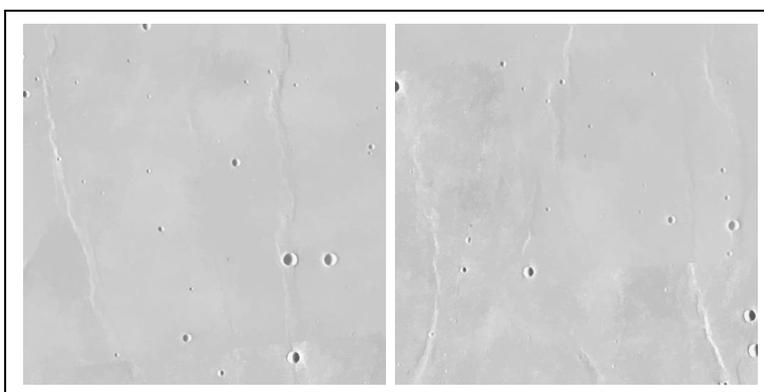


Figura 4: Resultado da aplicação do operador *mmhbasin*

Em seguida, a operação de gradiente foi aplicada, aumentando a variação de tons de cinza nas bordas das crateras. As imagens resultantes desta operação estão representadas na Figura 5.

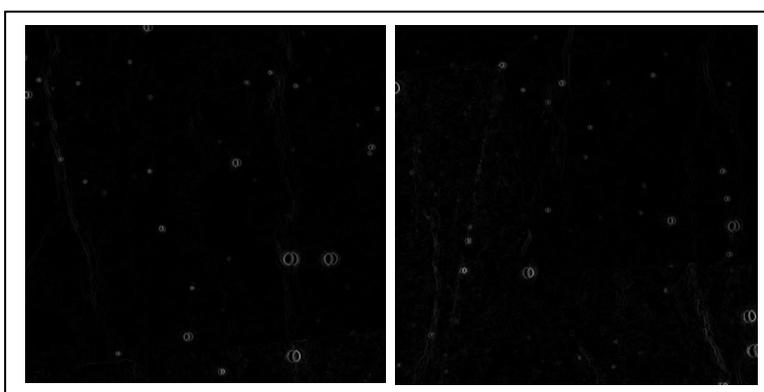


Figura 5: Resultado da aplicação do gradiente morfológico

Terminada a etapa de pré-processamento, as imagens foram binarizadas com limiar 32. Os valores de pixels que estavam abaixo do limiar estipulado assumiram o valor 0

(preto) e os valores que estavam acima desse limiar receberam valor 1 (branco). O resultado da aplicação deste operador está ilustrado na Figura 6.

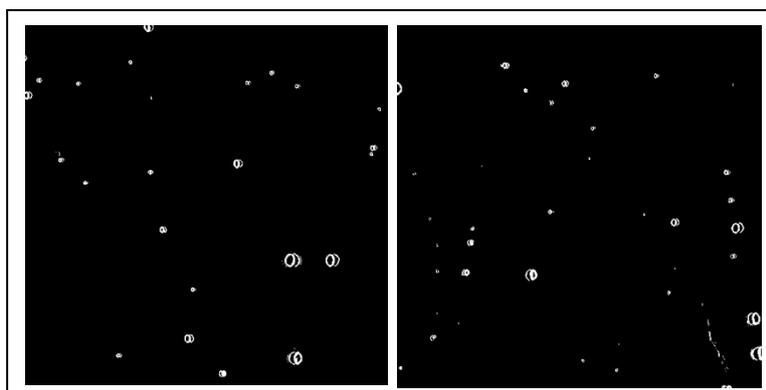


Figura 6: Resultado da aplicação do operador *mmbinary*

Com a aplicação dos operadores gradiente e binarização, pode ser percebido que muitas crateras foram degradadas, principalmente as de menores dimensões. Visando então, recuperar tais crateras, aplicou-se a operação de fechamento, que consiste da dilatação da imagem, seguida da erosão. Desta forma os pixels que compõem as crateras foram conectados. O elemento estruturante utilizado foi o disco com raio 2. O resultado é mostrado na Figura 7.

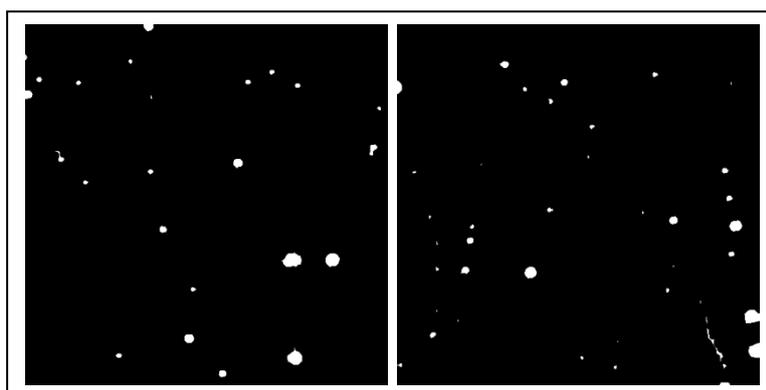


Figura 7: Resultado da aplicação do operador *mmclose*

Como pode ser observado na Figura 7, as imagens apresentam alguns ruído. Com a finalidade de eliminar tais segmentos indesejáveis, aplicou-se a operação de abertura, que consiste da erosão da imagem seguida da dilatação. Desta forma os ruídos foram eliminados, como pode ser visto na Figura 8. O elemento estruturante utilizado foi o disco de raio 2.

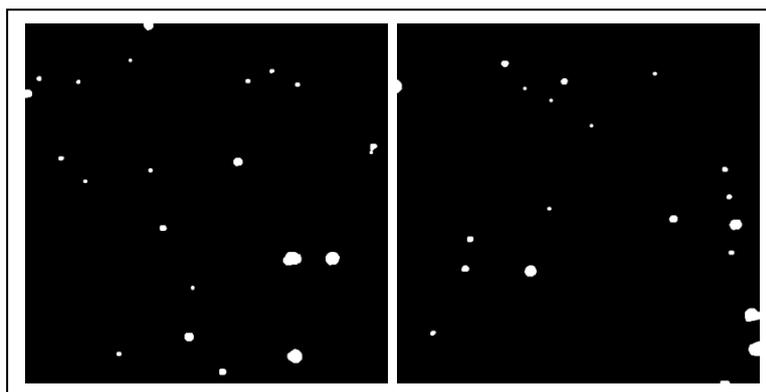


Figura 8: Resultado da aplicação do operador *mmclose*

Para fins de comprovação visual do resultado obtido na Figura 8, esta foi sobreposta à imagem original. A Figura 9 apresenta esta sobreposição.

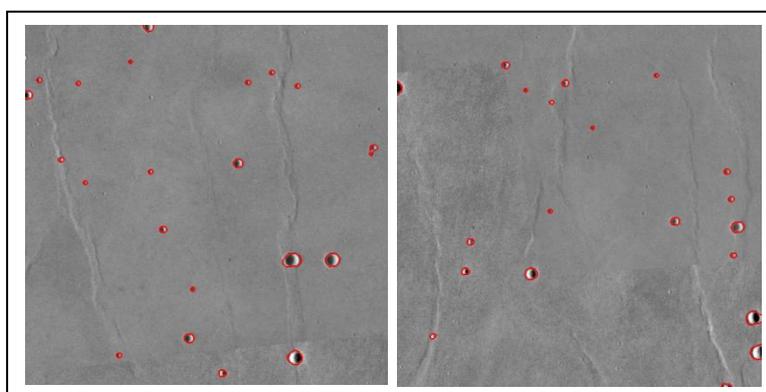


Figura 9: Resultado da detecção sobreposta à imagem original

4. Conclusões

Da análise da Figura 9, nota-se que o resultado obtido foi satisfatório, pois atendeu ao objetivo proposto de detectar crateras de impacto utilizando ferramentas de Morfologia Matemática.

Nossa metodologia ainda está em desenvolvimento, ainda serão realizados testes em um maior número de imagens, obtidas por diferentes sensores e com diferentes resoluções espaciais, com objetivo de alcançar uma metodologia que detecte automaticamente crateras de impacto na superfície marciana.

Entretanto, com base nos resultados, verifica-se que a rotina morfológica elaborada foi eficaz na tarefa de detecção das crateras de impacto, permitindo que a detecção das mesmas fosse realizada com êxito nas duas imagens testadas. A obtenção de bons resultados, a partir desta técnica, está ligada a alguns fatores tais como: a escolha adequada dos operadores utilizados no pré-processamento, aos limiares adotados no processo de binarização da imagem e ao elemento estruturante escolhido.

Por fim, pode-se concluir que a morfologia matemática é uma técnica viável para detecção de crateras de impacto na superfície marciana.

Agradecimentos

Agradecemos o suporte financeiro dado pela agência CAPES para a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

Cintala, M. J.; HEAD, J.; Mutch, T.A. Martian crater depth/diameter relationship: comparison with the Moon and Mercury. In: Proceedings of the Lunar Science Conference, vol. 7, 1976, United States of America. **Anais...** Artigos, p. 3375–3587. Disponível em: <http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?bibcode=1976LPSC....7.3575C&db_key=AST&page_ind=0&data_type=GIF&type=SCREEN_VIEW&classic=YES>. Acesso em: 10 de junho de 2010.

Facon, J. **Morfologia matemática: teoria e exemplos**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 1996. 320p.

Matheron, G. **Radom sets and integral geometry**. New York: John Wiley, 1975. 261p;

SDC Morphology Toolbox. **SDC Information Systems**. Disponível em: <<http://www.sdc.com.br/morphology>>. Acesso em: 23 de outubro de 2010;

Serra, J. **Image analysis and mathematical morphology**. London: Academic Press, 1982. 610p;

Soderblom, L. A.; Condit, C. D.; West, R. A. et al. Martian planetwide crater distributions: implications for geologic history and surface processes. *Icarus*, v. 22, Issue 3, p. 239–263, 1974;

Tanaka, K. L. The stratigraphy of Mars. **Journal of Geophysical Research** **91 (B13)**, 139–158, 1986.