

Super-resolução de imagens Magalhães de Vénus

Super-resolution of Magellan imagery of Venus

E. IVO ALVES – livo@dct.uc.pt (Universidade de Coimbra, Centro de Geofísica e Departamento de Ciências da Terra)

M. T. BARATA – mtbarata@gmail.com (Universidade de Coimbra, Centro de Geofísica)

D. A. VAZ – vaz.david@gmail.com (Universidade de Coimbra, Centro de Geofísica)

RESUMO: As melhores imagens existentes da superfície de Vénus são as que foram obtidas pela missão Magalhães, entre 1990 e 1994, com baixa resolução. Mostra-se aqui um aumento sintético da resolução dessas imagens a partir de cenas que foram amostradas mais que uma vez, com base num algoritmo de super-resolução.

PALAVRAS-CHAVE: Vénus, Magalhães, radar, super-resolução.

ABSTRACT: The best existing images of the surface of Venus were acquired between 1990 and 1994 by the Magellan mission and are of low resolution. A synthetic increase of resolution is shown here which is based on multiple-sampled scenes and a super-resolution algorithm

KEYWORDS: Venus, Magellan, radar, super-resolution.

1. INTRODUÇÃO

A superfície de Vénus começou a ser sistematicamente observada e visitada na década de sessenta do século passado. As primeiras observações foram, é claro, feitas a partir da Terra: o rádio-observatório de Arecibo permitiu cartografar cerca de 40% do planeta. A sonda Mariner 2 aproximou o planeta em 1962.

Depois da Lua e de Marte, Vénus é o corpo mais visitado do Sistema Solar. A maior parte das missões falhou mas aspectos importantes do planeta foram revelados pelas missões Venera, Vega, Pioneer e Magalhães (*Magellan*). A primeira missão a transportar um emissor-receptor de micro-ondas (radar) foi a Pioneer Venus Orbiter, em 1978, que produziu a altimetria de 92% da superfície e a primeira visão global de Vénus. Seguiram-se-lhe as missões soviéticas Venera 15 e 16, que também transportavam radares cujas imagens revelaram importantes objectos geológicos, como traços de um ubíquo e intenso vulcanismo e complexas deformações tectónicas, como as *coronae*. Foi preciso esperar até 1990 para, com a missão Magalhães, se ter um conjunto de imagens que, simultaneamente, cobrissem todo o planeta e tivessem suficiente resolução para permitir inferências geológicas mais sólidas que até então.

Neste trabalho apresentamos um procedimento para melhorar ainda mais a resolução da nossa visão de Vénus combinando a informação presente em várias imagens Magalhães obtidas nas mesmas áreas.

2. A MISSÃO MAGALHÃES

Os objectivos científicos da missão Magalhães incluíam expressamente "melhorar o conhecimento dos processos geológicos, propriedades da superfície e história geológica pela análise das características radar superficiais, topografia e morfologia" (Saunders et al., 1992).

Para esse fim, o satélite Magalhães transportava um radar de abertura sintética (SAR - *synthetic aperture radar*) que emitia nos 2.385 GHz, em modo de polarização HH (transmissão e recepção horizontais) capaz de operar também em modos de altímetro e de radiómetro. Cada órbita da sonda produziu uma imagem na forma de uma tira com 20 km de largura e 17000 km de comprimento e resolução máxima de 75 m/pixel.

As imagens SAR foram adquiridas com diferentes ângulos de vista de modo a permitir a elaboração de pares estereoscópicos. Infelizmente, pares de imagens com diferentes ângulos de vista e consequentes diferentes reflectâncias radar são frequentemente difíceis, se não impossíveis, de fundir num par estereoscópico (Connors, 1995; Hamilton, 2005).

Em suma: a baixa resolução máxima das imagens Magalhães impede que se responda a muitas questões, nomeadamente àquelas que dizem respeito a relações geológicas locais, abrindo espaço para múltiplas interpretações dos mesmos objectos, não raro contraditórias (Hamilton, 2005).

3. SUPER-RESOLUÇÃO

Engloba-se na designação "super-resolução" um conjunto de técnicas destinadas a aumentar sinteticamente a resolução das imagens de uma cena.

Os métodos de super-resolução dividem-se em dois grandes grupos: invariante no tempo e variável no tempo.

No primeiro grupo incluem-se métodos para aumentar a resolução de uma única imagem. Genericamente, podem ser considerados métodos de interpolação e, assim, a imagem final possui a mesma quantidade de informação que a imagem inicial. Todos os pacotes comerciais de processamento de imagem incluem métodos de interpolação, desde os mais simples (vizinho mais próximo, linear, bicúbica) aos mais complexos e eficientes (*splines*, *ôndulas* - *wavelets*). Dentre estes, destaca-se a transformada de Lanczos que, entre outras vantagens, elimina os artefactos produzidos pelos algoritmos de compressão (Duchon, 1979).

No segundo grupo incluem-se métodos que, utilizando a informação de várias imagens de uma mesma cena, obtidas em momentos diferentes, produzem uma imagem que contém mais informação que qualquer uma das originais. Dos vários métodos disponíveis destaca-se o algoritmo de Irani e Peleg (1991).

Este é um algoritmo de retro-propagação de erros e, como todos eles, requer um cuidadoso pré-processamento dos dados que aqui inclui uma normalização dos histogramas das imagens originais e o seu posterior alinhamento.

O algoritmo de Irani e Peleg começa por criar uma imagem hipotética de *output*, T_0 e, com base na informação recolhida durante o processo de alinhamento (diferenças entre as imagens), cria um conjunto de imagens de *input* simuladas. Em seguida, o erro por pixel entre as imagens simuladas e as originais é calculado, retro-propagado e subtraído de T_0 dando origem a uma nova hipótese, T_1 . Este processo é iterado n vezes até se atingir uma imagem T_n cujo erro seja arbitrariamente mínimo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Começou-se por usar a base de dados descrita em Alves *et al.* (2010) para escolher um par de imagens do conjunto F-MIDR da missão Magalhães e descarregá-las do arquivo PDS (NASA, 2010). Pretendia-se uma cena complexa, com considerável variabilidade textural e geológica. A

cena escolhida localiza-se com centro no equador venusiano e longitude 194 °E, na região de Atla Regio, junto à encosta ocidental de Maat Mons, onde se identificam variadas texturas vulcânicas e uma densa rede de fracturas. As imagens seleccionadas foram FF49L, do grupo F00N194L, do volume MG_0024, adquirida na fase 1 de mapeamento, com ângulo de vista para a esquerda, e FF49R, do grupo F00N194R, do volume MG_0064, adquirida na fase 201 de mapeamento, com ângulo de vista para a direita.

Normalizaram-se os histogramas das duas imagens de modo a ficarem com os mesmos descritores estatísticos. O alinhamento das imagens e a aplicação do algoritmo de Irani e Peleg fizeram-se com recurso ao software ALE (Hilvert, 2009).

5. RESULTADOS

A figura 1 mostra as imagens originais e a figura 2 o resultado final do procedimento.

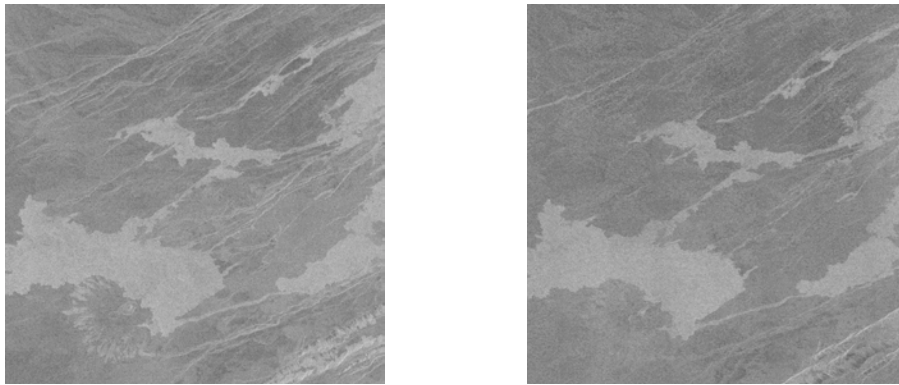


Figura 1 – Imagens FF49L e FF49R. Originais com a resolução de 75 m/pixel.

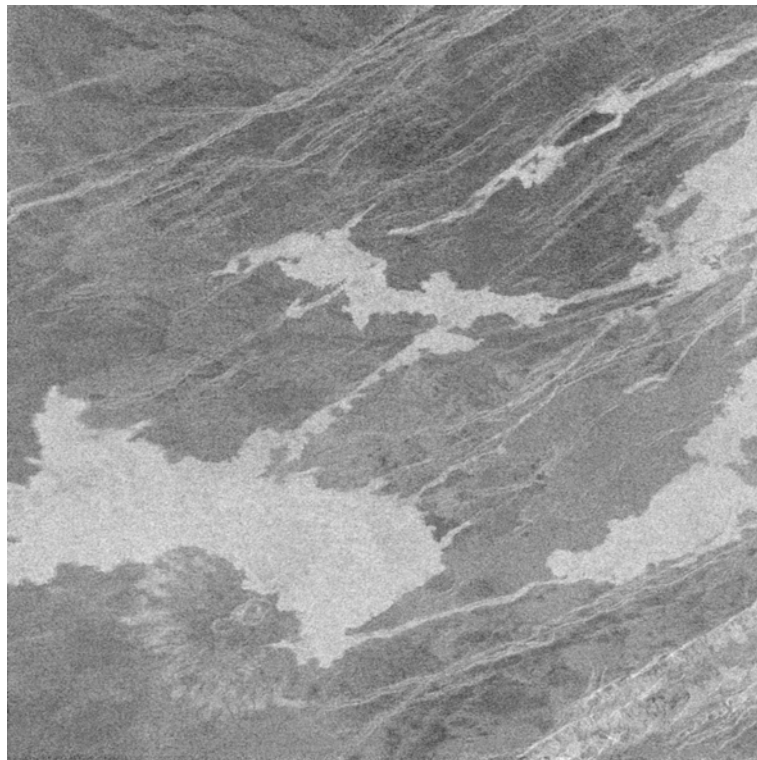


Figura 2 – Imagem SRFF49. Original com a resolução de 37.5 m/pixel obtido por super-resolução a partir das duas anteriores.

6. CONCLUSÕES

A melhoria de qualidade obtida, só com uma duplicação da resolução, é significativa: atente-se, por exemplo, na textura das escoadas vulcânicas e no pormenor da fracturação.

O aumento de contraste da imagem final é um efeito colateral, benéfico, do procedimento. A imagem da figura 2 não foi pós-processada.

Nada impediria, em abstracto, que se tentasse um aumento da resolução por um factor maior, mas esse aumento não iria corresponder a um aumento de informação.

Como é referido em Alves *et al.* (2010), a base de dados das imagens Magalhães contém hiperligações para um total de 1260 imagens, entre as quais permite identificar 222 áreas que foram amostradas duas vezes, 142 das quais F-MIDR, 89 áreas amostradas três vezes (31 F-MIDR) e 33 áreas amostradas quatro vezes (7 F-MIDR).

Estão em curso trabalhos para super-resolver todas estas imagens e disponibilizá-las à comunidade.

Referências

- Alves, E. I., Barata, M. T. e Vaz, D. A. (2010) – VIMS: uma base de dados de imagens de Vénus. Comun. VIII Cong. Nac. Geologia, Braga (este volume).
- Connors, C. (1995) – Determining heights and slopes of fault scarps and other surfaces on Venus using Magellan stereo radar. *J. Geophys. Res.*, 100(E7), pp. 14361–14381.
- Duchon, C. E. (1979) – Lanczos filtering in one and two dimensions. *J. Appl. Meteorology* 18 (8), pp. 1016–1022.
- Hamilton, W.B. (2005) – Plumeless Venus has ancient impact-accretionary surface, In: Foulger, G.R., Natland, J.H., Presnall, D.C., Anderson, D.L. (Edt.) *Plates, Plumes and Paradigms*, GSA Special Paper 388, pp. 781-814.
- Hilvert, D. (2009) – *ALE (Anti-Lameness Engine)*. <http://auricle.dyndns.org/ALE/> [acedido em 2010.01.06]
- Irani, M e Peleg, S. (1991) – Improving resolution by image registration. *Graph. Models Image Process.*, 53(3), pp.231–239.
- NASA (2010) – PDS, Planetary Data System. <http://pds.nasa.gov/> [acedido em 2010.01.06]
- Saunders, R.S., e 26 outros (1992) – Magellan Mission summary, *J. Geophys. Res.*, 97 (E8), 13067-13090.
- Young, S. S., Driggers, R. G. e Jacobs, E. L. (2008) – *Signal Processing and Performance Analysis for Imaging Systems*. Artech House, Norwood, MA, USA.