

O USO DO SENSOR HIRISE PARA A OBTENÇÃO DE PERFIS TOPOGRÁFICOS DE DUNAS EM CADEIAS BARCANÓIDES NO PLANETA MARTE.

YAN ARAUJO¹; TASSIUS LIMA²; ALEXANDRE BRUCH³; CAMILE URBAN⁴;
HUMBERTO VIANNA⁵;

¹Universidade Federal de Pelotas – yanchaves28.yc@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - afbruch@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - camile.urban@ufpel.edu.br

⁴Universidade Federal de Pelotas - tassius.lima.tl@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – hdvianna@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

As cadeias de dunas barcanóides são formadas através da coalescência lateral de dunas barcanas, estas cadeias exibem uma morfologia marcada por cristas sinuosas e paralelas umas às outras, dispostas perpendicularmente à direção predominante dos ventos. Essas formações se desenvolvem em condições de vento unidirecional semelhantes às formações de dunas barcanas. A extensão das cadeias barcanóides varia de acordo com a quantidade de sedimentos disponíveis na região de acordo com BRANCO et al. (2003).

O *High Resolution Imaging Scient Experiment* (HiRISE) é uma câmera de 65 kg que está a bordo da sonda *Mars Reconnaissance Orbiter*, lançada em 2005, sua produção foi executada pelo Laboratório Lunar e Planetário da Universidade do Arizona, nos Estados Unidos. A câmera possui uma alta resolução, podendo ter imagens de 30 cm por pixel, desta maneira o monitoramento da superfície marciana é bastante preciso, podendo ser observados locais para poucos de robôs, avalanches, áreas de formação de dunas entre outros aspectos.

Uma das principais distinções entre o planeta Terra e Marte é a pressão atmosférica, sendo que em Marte a mesma varia entre 6,8 e 10 milibares(mb) enquanto na Terra a pressão média é de aproximadamente 1000 mb. Além disso, diversos outros fatores, como temperatura média de -68° graus Celsius e velocidade dos ventos, exercem influência direta na sedimentação dessas cadeias. (Doyama, 2022).

O presente estudo tem como objetivo principal realizar a obtenção de perfis topográficos das dunas de marte, desta maneira podemos obter dados como seu comprimento lateral, vertical, bem como seus ângulos internos da sota-vento e barlavento.

2. METODOLOGIA

Foi utilizado o modelo digital de elevação, adquirido em 07 de fevereiro de 2018 e intitulado *Chasma Boreale Megadunes*, acessível através da plataforma online HiRISE. Esse MDE é uma matriz bruta tridimensional no formato IMG. A qual foi importada para o software *surfer* e modelado através da ferramenta 3D surface esse processo permitiu a visualização de uma notável sucessão de formações de dunas de natureza barcanóide. Estas formações são localizadas na coordenada elipsoidal de latitude 82.679° e longitude 315.352°, no centro da imagem. A imagem possui uma resolução de 25 cm/pixel, a qual foi convertida para um plano topográfico local, buscando o enquadramento de latitude, longitude e altitude

conhecidas. Para tanto, o sistema de origem das coordenadas planimétricas foi definido como plano retangular, em 0 m em ambos os eixos. Já no datum altimétrico a origem das altitudes é de 4800m, acima do elipsoide de referência.

O conjunto de dados inclui uma coleção da análise de vinte e cinco dunas, as quais foram categorizadas em seis distintas classes. A subdivisão das dunas em diferentes classes teve como objetivo principal aprimorar a precisão e fidedignidade dos dados resultantes. Para uma melhor visualização foi feita uma modelagem em 3D da área de estudo, desta maneira algumas feições puderam ser destacadas para a realização da extração de dados.

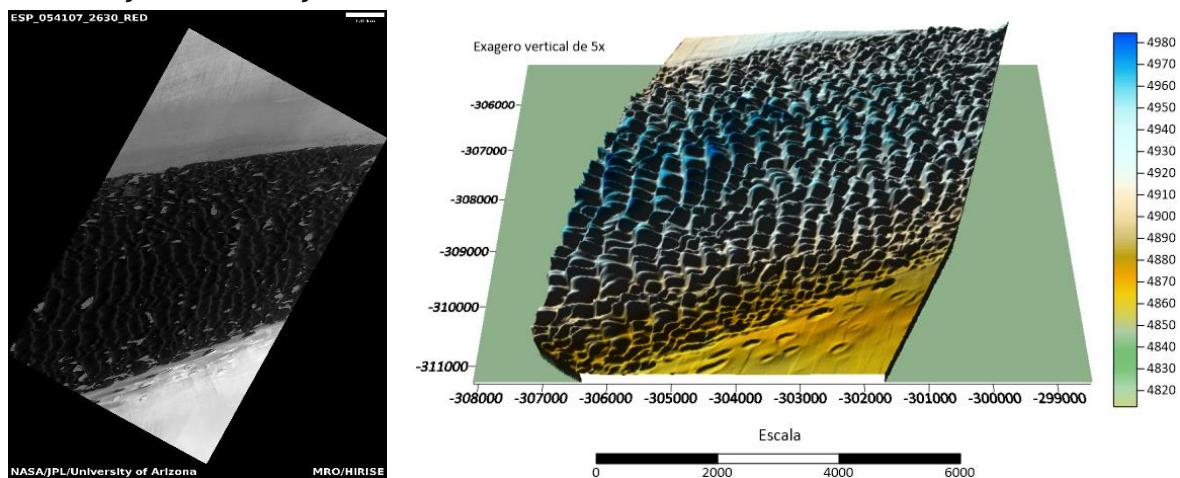


Figura 1: (a) Campo de dunas barcanóides, (b) Modelo 3D extraído do surfer: HiRISE

Os parâmetros das classes assim como seus valores, foram calculados através da regra de Sturges dada pela equação: $N_c = 1 + 3,322\log N$, sendo n_c o número de classes, enquanto a amplitude de cada classe será calculada através de: $x_c = \frac{x_{max} - x_{min}}{n_c}$, desta maneira os dados serão analisados por classe ao invés de um conjunto inteiro. (FALCO, 2008)

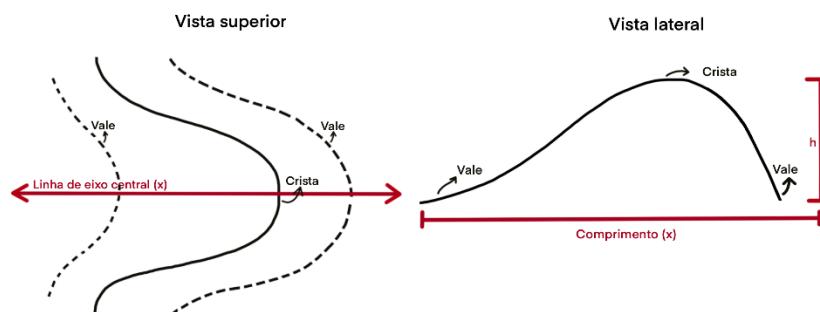


Figura 2: Modelo de duna de cadeia barcanóides: Rita Ramos, 2023

Para a aquisição das dimensões, tanto horizontais quanto verticais, foi adotada a abordagem empregada por Hesp (1998). Este método engloba a identificação do ápice altimétrico da duna em análise. Por meio deste procedimento, torna-se viável estabelecer uma linha que interligará o ponto de menor altitude na porção posterior da duna com sua crista. A partir desta crista, delineara-se outra linha reta que conectará o mencionado ponto com o de menor altitude na face frontal da duna. A partir da crista e do vale posterior e frontal serão estabelecidas

as alturas por meio da análise de diferença de cotas entre os pontos de menor e maior valor, a porção de menor inclinação chama-se barlavento enquanto a de maior inclinação denomina-se sota-vento.

Foram obtidos alguns outros dados importantes, incluindo as dimensões do eixo horizontal da duna, bem como os ângulos de inclinação correspondentes tanto no lado de sota-vento quanto no lado de barlavento. Esses dados desempenham um papel fundamental na possibilidade de realizar comparações com cadeias de dunas barcanóides presentes em nosso planeta.

A aquisição dos perfis topográficos foi efetuada utilizando o software *Quantum G/S* e o plugin *Terrain Profile*, disponibilizado de forma gratuita. Com o auxílio deste complemento, ao estabelecer a ligação entre dois pontos, é gerada uma linha reta que representa a vista aérea das dunas. A partir deste procedimento, é possível construir um perfil topográfico das altitudes ao longo dos eixos x e y da duna, a partir destes pontos cotados podemos gerar um modelo gráfico em um software CAD para extrair os ângulos da barlavento e sota-vento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos perfis topográficos obtidos, é possível conduzir uma análise dos parâmetros da cadeia de dunas barcanóides em relação a três principais variáveis: a altura, comprimento e ângulo de inclinação da sota-vento. Todas essas informações foram sintetizadas e estão representadas em três gráficos apresentados imediatamente abaixo.

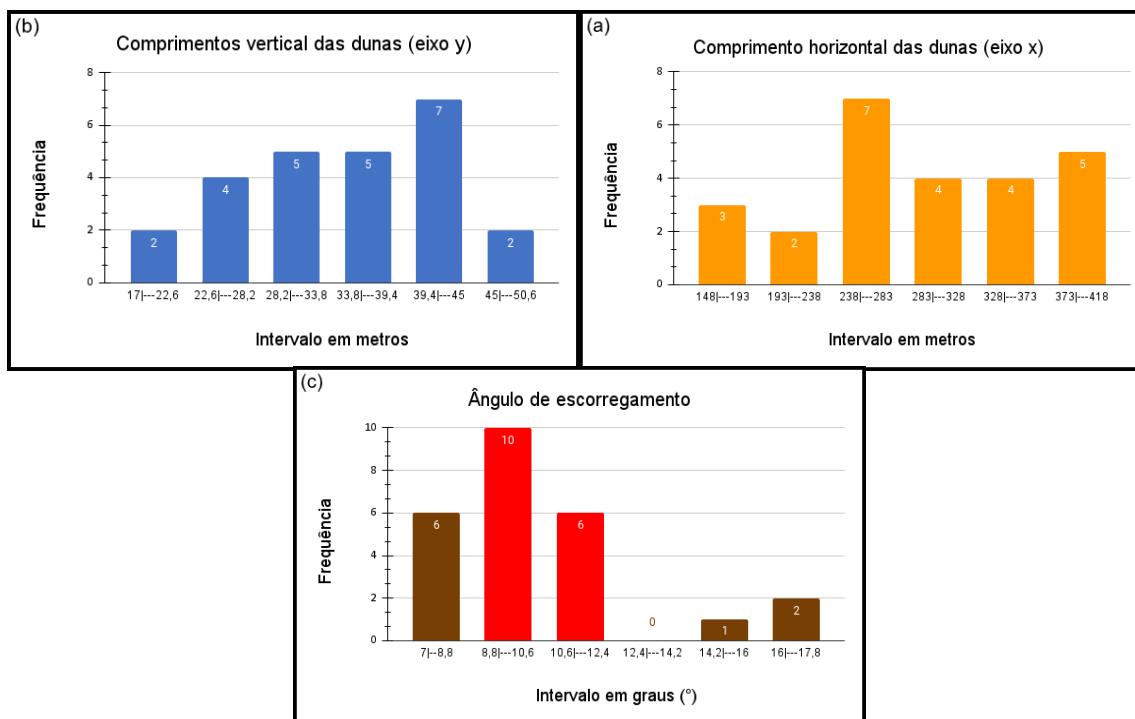


Figura 3: (a)Gráfico de altura; (b)Gráfico de comprimento; (c)Gráfico de ângulo (sota-vento)

O gráfico de comprimento horizontal apresenta o total de 6 classes de dunas, do qual cada intervalo de classe possui uma amplitude de 45 metros. Ao analisar o gráfico pode-se perceber que a maior parte das dunas está contida no intervalo $A =$

$\{x \in R: 238 \leq x < 283\}$, tendo um total de 7 dunas contidas neste intervalo com uma média de 298,39 metros, de 78,213357 e uma variância de 6117,32925 e um desvio padrão de 78,21335723.

A alturas das dunas, representadas através do gráfico b) mostram as 25 dunas divididas em 6 classes, dos quais um total de 7 dunas estão contidas no maior intervalo: $B = \{x \in R: 39,4 \leq x < 45\}$, a população de dunas possui uma média de 34,814 metros, variância de 74,329964 e desvio padrão de valor 8,621482.

O gráfico c) apresenta os valores de ângulos obtidos na porção posterior da duna, a face de escorregamento, dos quais observamos a maior frequência no intervalo $c = \{x \in R: 13 \leq x < 15\}$, com uma amostra de 11 dunas e amplitude de 2° por classe, a média da população detém o valor de 14°, um desvio padrão de 2,719068 e a variância com valor 7,3933.

A partir dos dados coletados podem ser feitos algumas correlações acerca de outras metodologias para as medidas de dunas, segundo BOURKE et al. (2006), as dunas barcanóides (coalesced, asymmetric) possuem alturas de 29,5m.

4. CONCLUSÕES

Por meio das imagens adquiridas pelo sensor HiRISE, tornou-se viável a análise remota da geomorfologia das dunas localizadas no planeta Marte. Isso, por sua vez, viabilizou a criação de um conjunto de dados abrangente concernente às dimensões das características planetárias. Essa riqueza de informações proporciona a oportunidade para futuras investigações, incluindo a análise da estratigrafia das formações rochosas marcianas, assim como a compreensão de seus processos formativos. Tais estudos visam estabelecer comparações entre as características marcianas e terrestres. As dunas analisadas são de grandes dimensões, em sua maioria, com comprimento superior a 200 m, largura superior a 20 m e ângulo de escorregamento superior a 8°.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOURKE, M.C; BALME, M; BEYER, R.A; WILLIAMS, K.K; ZIMBELMAN, J. A comparison of methods used to estimate the height of sand dunes on Mars. **Geomorphology**, v.81, p-440-452, 2006

BRANCO, P.N.C.B; LEHUGEUR, L.G.O; CAMPOS, J.E.G. Proposta de classificação para as feições eólicas do setor leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará – Brasil. **Geociências**, São Paulo, v.22, n.2, p-163-174, 2003.

DOYAMA, R.H. **Simulações de colisões de aglomerados de galáxias e Detecção de sinais sísmicos em marte utilizando dados da missão InSight**. 2022. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Astronomia) – Universidade de São Paulo.

FALCO, J.G. **Estatística Aplicada**. Cuiabá: EDUFMT, 2008.

HESP, P.A; HASTINGS. K. Width, height and slope relationships and aerodynamic maintenance of barchans. **Geomorphology**, Palmerston North, v.22, p-193-204, 1998.