

PROCURA DE VIDA EM MARTE: FUTURAS MISSÕES AO PLANETA VERMELHO

ZITA MARTINS

Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London, UK

RESUMO

A existência de vida para além da Terra é um tema cativante para a Humanidade. Em particular, a possibilidade de vida em Marte é o foco de várias futuras missões das agências espaciais Americana e Europeia (NASA e ESA respectivamente). A missão espacial Phoenix aterrou com sucesso no Planeta Vermelho em Maio de 2008. Desde então tem investigado a presença de água (sobre a forma de gelo), isto é qual o potencial de habitabilidade do solo marciano. A Mars Science Laboratory (MSL), com lançamento previsto para finais de 2011, será a próxima missão da NASA ao Planeta Vermelho. Esta irá detectar possíveis compostos orgânicos essenciais à vida presentes no solo marciano, tendo como objectivo identificar zonas habitáveis. Finalmente, a missão Europeia ExoMars será a primeira missão espacial desde as sondas Viking (que aterraram em Marte em 1976) que irá procurar directamente por sinais de vida (passada ou presente) no Planeta Vermelho. Contudo, antes disto será necessário saber como reconhecer vida em Marte, isto é, que compostos orgânicos são essenciais a todos os organismos. Uma vez detectados é necessário saberes distinguir a origem destes compostos, ou seja, se são provenientes de organismos vivos, organismos que já morreram ou se têm uma origem não-biológica. Por último é fundamental identificar áreas geológicas onde compostos orgânicos remanescentes de vida possam ter sido preservados por longos períodos de tempo, por exemplo contra a radiação UV e atmosfera oxidativa de Marte.

1. INTRODUÇÃO

Marte, também conhecido como Planeta Vermelho, habita o imaginário colectivo devido a possibilidade de ter (ou ter tido) vida. No século XIX, Percival Lowell estudou a superfície de Marte a partir do Lowell Observatory (nos Estados Unidos da América), e sugeriu a presença de canais que teriam conduzido água das zonas polares até áreas de vegetação no equador (Lowell 1895; Lowell 1906). Esta ideia seria mais tarde apoiada por William Sinton que, a partir de estudos espectroscópicos, sugeriu a existência de vegetação em Marte (Sinton 1959). Nos anos 60 e 70 estas ideias caíram por terra, devido às várias imagens de Marte tiradas em órbita pelas missões espaciais Mariners. Estes revelaram várias crateras e vulcões extintos, mas nenhuma evidência de canais ou vegetação.

A primeira missão espacial com o objectivo de detectar vida em Marte chegou ao solo do Planeta Vermelho em 1976. Esta missão chamava-se Viking e não encontrou nenhuma evidência de compostos orgânicos no solo de Marte (Biemann et al. 1977), apesar de que o solo deveria ter moléculas orgânicas ricas em carbono proveniente de meteoritos. Foi mais tarde demonstrado que os instrumentos a bordo da missão Viking não conseguiriam detectar bactérias como *E. Coli*, mesmo que elas estivessem presentes no solo de Marte ao nível de vários milhões de células por grama de solo (Glavin et al. 2001). Presentemente a superfície de Marte não tem condições para sustentar vida como nós a conhecemos. Esta tem uma temperatura média de -58°C , fazendo com que água líquida não seja estável. Marte tem uma atmosfera composta principalmente de dióxido de carbono, e devido à ausência de uma camada de ozono, a superfície é exposta a elevada radiação ultra-violeta (UV) (Patel et al. 2002). Além disso, o solo contém oxidantes que destroem rapidamente moléculas orgânicas. Contudo, é possível que compostos orgânicos (como por exemplo aminoácidos) derivados de organismos vivos possam ser preservados por longos períodos de tempo, se forem enterrados pelo menos a 2 metros de profundidade do solo (Kminek and Bada 2006).

2. MISSÕES ACTUAIS EM MARTE

Várias missões espaciais estão presentemente em órbita e na superfície de Marte. Embora nenhuma destas tenha sido especialmente contruída para detectar vida, todas elas forneceram informações fundamentais sobre as condições de habitabilidade do Planeta Vermelho, nomeadamente a presença de água.

2.1. EM ÓRBITA

2.1.1. MARS GLOBAL SURVEYOR

Lançada em 1996, a Mars Global Surveyor foi a primeira missão de sucesso a Marte em duas décadas. Esta missão estudou a superfície, a atmosfera e interior de Marte., tendo sido dada como terminada em Janeiro de 2007. Dentro dos vários dados obtidos pelo sistema de cameras (Mars Orbiter Camera), o mais interessante e relevante do ponto de vista da habitabilidade terá sido a descoberta de despenhadeiros. Estes são formados pelo movimento de água líquida, como por exemplo o derreter dos depósitos de gelo nas regiões polares (Christensen 2003), tendo sido estimado que têm menos de um milhão de anos (Malin e Edgett 2000).

2.1.2. MARS ODYSSEY

Esta missão espacial foi lançada em 2001, continuando até hoje a enviar dados sobre a geologia, clima, mineralogia e composição química dos elementos presentes em Marte. Vários instrumentos a bordo do Mars Odyssey (High Energy Neutron Detector, Neutron Spectrometer e o Gamma-Ray Spectrometer) identificaram regiões ricas em hidrogénio nos polos norte e sul, sugerindo que água (sob a forma de gelo com alguns centímetros de espessura) existe nestas regiões (Mitrofanov et al. 2002; Feldman et al. 2002).

2.1.3. MARS EXPRESS

A Mars Express é uma missão da agência espacial Europeia (ESA) com participação da agência espacial Americana (NASA) e Italiana (ASI). O objectivo principal desta missão é procurar água na superfície de Marte. Várias descobertas foram obtidas desde 2003 e incluem entre outras a medição directa de água sob a forma de gelo no polo sul, detecção de filossilicatos e sulfatos hidratados (indicando a presença de água líquida), observação de canais (indicando que água fluíu em Marte no passado), evidência de actividade glacial e vulcânica recente, e detecção de metano na atmosfera. Este último foi confirmado através de observações telescópicas na Terra da atmosfera de Marte (Mumma et al. 2009). Uma vez que o metano é um gás instável, supõem-se que terá de haver uma fonte que repõe este gás. Desta forma, o metano detectado em Marte poderia ter três origens, incluindo impacto de meteoritos, resultado da reacção entre água e rochas vulcânicas, ou presença de vida microbiana (isto é, microorganismos metanógenos que produzem metano como resultado do seu metabolismo). Presentemente sabe-se que os meteoritos não são responsáveis pelo metano observado, uma vez que a quantidade de metano que poderia ser libertada por meteoritos entrando na atmosfera de Marte é demasiado baixa (Court and Sephton 2009). A possibilidade de vida em Marte continua em aberto, embora não se possa chegar a nenhuma conclusão definitiva com apenas com os dados da missão Mars Express.

2.1.4. MARS RECONNAISSANCE ORBITER

A missão Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) foi lançada em 2005 e contém a mais potente camera (chamada HiRISE) usada alguma vez numa missão planetária. Um dos objectivos é monitorizar a superfície de Marte de forma a seleccionar os melhores locais de aterragem para futuras missões ao Planeta Vermelho. Por exemplo, a MRO teve um papel fundamental na selecção do local de aterragem da missão Phoenix. Além disto, a MRO tem como objectivo procurar por água no sub-solo. Água sob a forma de gelo já havia sido detectada pela Mars Odyssey nos polos, ou seja, em regiões de elevada latitude. A MRO foi mais longe e detectou grandes quantidades de água sob a forma de gelo em zonas de baixa altitude, isto é mais perto do equador. Além disso, imagens de satélite sugerem que Marte foi suficientemente quente para ter lagos 3 mil milhões de anos atrás, num período que anteriormente se pensava ser demasiado frio para ter água líquida na superfície (Warner et al. 2010). Juntamente com a Mars Global Surveyor e a Mars Odyssey, a MRO permitiu também a detecção de depósitos de minerais de cloreto. Estes locais com minerais de cloreto poderão ter tido vida no passado, e deverão por isso preservar vestígios de vida (Osterloo et al. 2008)

2.2. NA SUPERFÍCIE

2.2.1. MARS EXPLORATION ROVERS

Os dois Mars Exploration Rovers (MER), chamados de Spirit and Opportunity aterraram em lados opostos de Marte em 2004. O Spirit encontrou um variedade de rochas que indicavam que o início da história de Marte terá sido caracterizado por impactos e água na sub-superfície. Além disso, os instrumentos a bordo do Opportunity detectaram níveis elevados de sais de sulfato (a jarosite), que

na Terra se formam na presença de água. Elevadas quantidade de hematite sob a forma de pequenas esferas rochosas (chamadas informalmente de “mirtilos”) foram também detectadas, indicando modificação por água líquida (Klingelhöfer et al. 2004; Rieder et al. 2004; Squyres et al. 2004).

2.2.2. PHOENIX POLAR LANDER

A missão Phoenix aterrou na zona polar de Marte em Maio de 2008, continuando o objectivo de procura de água no Planeta Vermelho e tentando verificar se este foi alguma vez um local hospitaleiro para ter microorganismos. Um dos resultados obtidos foi o evaporar de material presente numa trincheira escavada pela Phoenix após 4 dias, sugerindo que este material seria água sob a forma de gelo que teria sublimado. Vários testes foram feitos ao solo, indicando que este é moderadamente alcalino (pH 7.7), tem um nível de salinidade moderado (cloretos, bicarbonatos, magnésio, sódio, potássio e cálcio foram detectados) e contém percloratos (Hecht et al. 2009, Boynton et al. 2009; Smith et al. 2009). Esta última descoberta é significativa, uma vez que os percloratos são fortes oxidantes, o que indica que o solo de Marte poderá não ser ideal para ter vida. Futuras missões a Marte cujo objectivo seja detectar vida devem por isso procurar vestígios de vida no sub-solo, a uma profundidade de pelo menos 2 metros (Kminek and Bada 2006). A missão Phoenix terminou em Novembro de 2008, após ter perdido o contacto com o centro de controlo.

3. FUTURAS MISSÕES

Futuras missões a Marte incluem a Mars Science Laboratory (data prevista de lançamento em 2011), e a missão ExoMars (data prevista em 2018). A Mars Science Laboratory (MSL) irá analisar solo e rochas à procura de compostos orgânicos essenciais à vida como nós conhecemos, e irá identificar gases presentes na atmosfera que possam estar associados com actividade biológica. Por outro lado, a ExoMars é a primeira missão espacial, desde a missão Viking que irá procurar especificamente por vida (passada ou presente) no Planeta Vermelho. Antes destas missões aterrem em Marte, é necessário determinar que moléculas são essenciais à vida e deverão por isso ser o alvo da procura e análises da MSL e ExoMars.

3.1. PROCURA DE MOLÉCULAS ORGÂNICAS

Todas as futuras missões que têm como objectivo a detecção de vida, devem saber reconhecer que moléculas são diagnóstico de seres vivos. Uma vez detectadas estas moléculas orgânicas, é necessário distinguir qual a sua origem, ou seja, se estas moléculas são provenientes de organismos vivos, mortos ou terão sido sintetizadas na ausência de vida (isto é, moléculas prebióticas). Se assumirmos que, tendo alguma vez existido vida em Marte, esta nunca excedeu a forma de microorganismos, então polímeros como o ARN, ADN e proteínas seriam rapidamente degradadas com as condições oxidantes de Marte. Contudo, moléculas mais simples como aminoácidos poderão sobreviver a 0°C até cerca de 1.1 mil milhões de anos se enterradas a pelo menos 2

metros de profundidade do solo (Kminek and Bada 2006). Aminoácidos de origem não biológica (isto é aminoácidos presentes em amostras extraterrestres, como por exemplo meteoritos) têm quantidades iguais das formas L- e D- (a chamada mistura racémica). Por outro lado, na Terra quase todos os organismos vivos usam só a forma L- dos aminoácidos. Longos períodos de tempo após a morte destes organismos, os respectivos L-aminoácidos serão convertidos numa mistura racémica. Contudo em Marte, a raceminização irá ser muitíssimo lenta devido às condições ambientais (Aubrey et al. 2006). Hidrocarbonetos, que são muitas vezes encontrados como os fósseis moleculares de lípidos biológicos, podem permanecer intactos durante longos períodos de tempo (até cerca de 2 mil milhões de anos) (Brocks et al. 1999).

3.2. TRABALHO PRELIMINAR

Antes de qualquer futura missão a Marte ser lançada, é necessário uma fase de preparação. Esta consiste na simulação em laboratório das condições de Marte, no estudo de meteoritos, extensivos testes de campo em desertos terrestres, e finalmente na escolha de locais de aterragem. Vários estudos têm simulado no laboratório as condições atmosféricas, de temperatura, radiação, variação diurna, etc de Marte. Por exemplo, é necessário determinar qual a taxa de sobrevivência de aminoácidos em Marte sob forte radiação UV (ten Kate et al. 2005) ou quando protegidos de radiação (por exemplo, enterrados no solo) (ten Kate et al. 2006). Em segundo lugar, é necessário estudar a composição orgânica de meteoritos (Martins et al. 2007a, 2007b, 2008), já que estes forneceram compostos orgânicos no início da história de Marte, contribuindo possivelmente para a origem da vida nesse planeta. Em terceiro lugar, é fundamental fazer testes de campo em desertos terrestres que em tudo se assemelham a Marte, ou seja, com elevado conteúdo de percloratos e nitratos, ausência de água líquida, com condições oxidativas e reduzidas abundâncias de compostos orgânicos. O deserto do Atacama é um desses locais onde cientistas fazem uma série de experiências, tentando simular as condições de Marte (Peeters et al. 2009).

4. CONCLUSÃO

A detecção de vida em Marte começa realmente com todo o trabalho executado no planeta Terra. Todos os estudos realizados (presentes e futuros) irão permitir seleccionar quais os melhores locais de aterragem de futuras missões espaciais a Marte, e aumentar o nosso conhecimento de protecção planetária. A instrumentação a ser desenvolvida para futuras missões de detecção de vida deverá ter uma elevada resolução espacial, e ser capaz de produzir mapas de distribuição química, mineralógica e composição química. É também necessário desenvolver instrumentos para medições *in situ* que sejam capazes de medir a composição isotópica dos constituintes do solo (matéria orgânica, minerais, etc.), e que sejam capazes de combustão da matéria orgânica macromolecular, detectando em seguida os seus fragmentos. O objectivo final nas próximas décadas na procura de vida no Planeta Vermelho será uma missão espacial que traga amostras de solo de Marte para o planeta Terra.

AGRADECIMENTOS

A autora gostaria de agradecer o convite para o simpósio feito pelo Professor Joaquim Fernandes, assim como a toda a organização. Financiamento pela Royal Society é também agradecido.

BIBLIOGRAFIA

AUBREY A., CLEAVES H. J., CHALMERS J. H., SKELLEY A. M., MATHIES R. A., GRUNTHANER F. J., EHRENFREUND P., BADA J. L. 2006. Sulfate minerals and organic compounds on Mars. *Geology* 34, 357.

BIEMANN K., ORO J., TOULMIN P. III, ORGEL L. E., NIER A. O., ANDERSON D. M., FLORY D., DIAZ A. V., RUSHNECK D. R., SIMMONDS P. G. 1977. The search for organic substances and inorganic volatile compounds in the surface of Mars. *Journal of Geophysical Research* 82, 4641.

BOYNTON W. V., MING D. W., KOUNAVES S. P., YOUNG S. M. M., ARVIDSON R. E., HECHT M. H., HOFFMAN J., NILES P. B., HAMARA D. K., QUINN R. C., SMITH P. H., SUTTER B., CATLING D. C., MORRIS R. V. 2009. Evidence for calcium carbonate at the Mars Phoenix landing site. *Science* 325, 61.

BROCKS J. J., LOGAN G. A., BUICK R., SUMMONS R. E. 1999. Archean molecular fossils and the early rise of Eukaryotes. *Science* 285, 1033.

CHRISTENSEN P. R. 2003. Formation of recent martian gullies through melting of extensive water-rich snow deposits. *Nature* 422, 45.

COURT R. W. and SEPHTON M. A. 2009. Investigating the contribution of methane produced by ablating micrometeorites to the atmosphere of Mars. *Earth and Planetary Science Letters* 288, 382.

FELDMAN, W. C., BOYNTON, W. V., TOKAR, R. L., PRETTYMAN, T. H., GASNAULT, O., SQUYRES, S. W., ELPHIC, R. C., LAWRENCE, D. J., LAWSON, S. L., MAURICE, S., MCKINNEY, G. W., MOORE, K. R., REEDY, R. C. 2002. Global distribution of neutrons from Mars: results from Mars Odyssey. *Science* 297, 75.

GLAVIN D. P., SCHUBERT M., BOTTA O., KMINEK G., BADA J. L. 2001. Detecting pyrolysis products from bacteria on Mars. *Earth and Planetary Science Letters* 185, 1.

HECHT M. H., KOUNAVES S. P., QUINN R. C., WEST S. J., YOUNG S. M. M., MING D. W., CATLING D. C., CLARK B. C., BOYNTON W. V., HOFFMAN J., DEFLORES L. P., GOSPODINOVA K., KAPIT J., SMITH P. H. 2009. Detection of perchlorate and the soluble chemistry of Martian soil at the Phoenix lander site. *Science* 325, 64.

KLINGELHÖFER G., MORRIS R. V., BERNHARDT B., SCHRÖDER C., RODIONOV D. S., DE SOUZA P. A., YEN A., GELLERT R., EVLANOV E. N., ZUBKOV B., FOH J., BONNES U., KANKELEIT E., GÜTLICH P., MING D. W., RENZ F., WADOWIAK T., SQUYRES S. W., ARVIDSON R. E. 2004. Jarosite and hematite at Meridiani Planum from Opportunity's Mössbauer spectrometer. *Science* 306, 1740.

KMINEK G. and BADA J. L. 2006. The effect of ionizing radiation on the preservation of amino acids on Mars. *Earth and Planetary Science Letters* 245, 1.

LOWELL P. 1895. Mars, Houghton Mifflin, NY, pp 228.

LOWELL P. 1906. Mars and its canals, Macmillan & Co., London, pp 393.

MALIN M. C. and EDGETT K. S. 2000. Evidence for recent groundwater seepage and surface runoff on Mars. *Science* 288, 2330.

MARTINS Z., ALEXANDER C. M. O. D., ORZECZOWSKA G. E., FOGEL M. L., EHRENFREUND P. 2007a. Indigenous amino acids in primitive CR meteorites. *Meteoritics & Planetary Science* 42, 2125.

MARTINS Z., HOFMANN B. A., GNOS E., GREENWOOD R. C., VERCHOVSKY A., FRANCHI I. A., JULL A. J. T., BOTTA O., GLAVIN D. P., DWORKIN J. P., EHRENFREUND P. 2007b. Amino acid composition, petrology, geochemistry, ¹⁴C terrestrial age and oxygen isotopes of the Shişr 033 CR chondrite. *Meteoritics & Planetary Science* 42, 1581.

MARTINS Z., BOTTA O., FOGEL M. L., SEPHTON M. A., GLAVIN D. P., WATSON J. S., DWORKIN J. P., SCHWARTZ A. W., EHRENFREUND P. 2008. Extraterrestrial nucleobases in the Murchison meteorite. *Earth and Planetary Science Letters* 270, 130.

MITROFANOV I., ANFIMOV D., KOZYREV A., LITVAK M., SANIN A., TRET'YAKOV V., KRYLOV A., SHVETSOV V., BOYNTON W., SHINOHARA C., HAMARA D., SAUNDERS R. S. 2002. Maps of subsurface hydrogen from the High Energy Neutron Detector, Mars Odyssey. *Science* 297, 78.

MUMMA M. J., VILLANUEVA G. L., NOVAK R. E., HEWAGAMA T., BONEV B. P., DISANTI M. A., MANDELL A. M., SMITH M. D. 2009. Strong release of methane on Mars in northern summer 2003. *Science* 323, 1041.

OSTERLOO M. M., HAMILTON V. E., BANDFIELD J. L., GLOTCH T. D., BALDRIDGE A. M., CHRISTENSEN P. R., TORNABENE L. L., ANDERSON F. S. 2008. Chloride-bearing materials in the southern highlands of Mars. *Science* 319, 1651.

PATEL M. R., ZARNECKI J. C., CATLING D. C. 2002. Ultraviolet radiation on the surface of Mars and the Beagle 2 UV sensor. *Planetary and Space Science* 50, 915.

PEETERS Z., QUINN R., MARTINS Z., SEPHTON M. A., BECKER L., VAN LOOSDRECHT M. C. M., BRUCATO J., GRUNTHANER F., EHRENFREUND P. 2009. Habitability on planetary surfaces: interdisciplinary preparation phase for future Mars missions. *International Journal of Astrobiology* 8, 301.

RIEDER R., GELLERT R., ANDERSON R. C., BRÜCKNER J., CLARK B. C., DREIBUS G., ECONOMOU T., KLINGELHÖFER G., LUGMAIR G. W., MING D. W., SQUYRES S. W., D'USTON C., WÄNKE H., YEN A., ZIPFEL J. 2004. Chemistry of rocks and soils at Meridiani Planum from the Alpha Particle X-ray spectrometer. *Science* 306, 1746.

SINTON W. M. 1959. Further evidence of vegetation on Mars. *Science* 130, 1234.

SMITH P. H., TAMPPARI L. K., ARVIDSON R. E., BASS D., BLANEY D., BOYNTON W. V., CARSWELL A., CATLING D. C., CLARK B. C., DUCK T., DEJONG E., FISHER D., GOETZ W., GUNNLAUGSSON H. P., HECHT M. H., HIPKIN V., HOFFMAN J., HVIID S. F., KELLER H. U., KOUNAVES S. P., LANGE C. F., LEMMON M. T., MADSEN M. B., MARKIEWICZ W. J., MARSHALL J., MCKAY C. P., MELLON M. T., MING D. W., MORRIS R. V., PIKE W. T., RENNO N., STAUFER U., STOKER C., TAYLOR P., WHITEWAY J. A., ZENT A. P. 2009. H₂O at the Phoenix landing site. *Science* 325, 58.

SQUYRES S. W., GROTZINGER J. P., ARVIDSON R. E., BELL J. F., CALVIN W., CHRISTENSEN P. R., CLARK B. C., CRISP J. A., FARRAND W. H., HERKENHOFF K. E., JOHNSON J. R., KLINGELHÖFER G., KNOLL A. H., MCLENNAN S. M., MCSWEEN H. Y., MORRIS R. V., RICE J. W., RIEDER R., SODERBLUM L. A. 2004. In situ evidence for an ancient aqueous environment at Meridiani Planum, Mars. *Science* 306, 1709.

TEN KATE I. L., GARRY J. R. C., PEETERS Z., QUINN R., FOING B., EHRENFREUND P. 2005. Amino acid photostability on the Martian surface. *Meteoritics & Planetary Science* 40, 1185.

TEN KATE I. L., GARRY J. R. C., PEETERS Z., FOING B., EHRENFREUND P. 2006. The effects of Martian near surface conditions on the photochemistry of amino acids. *Planetary and Space Science* 54, 296.

WARNER N., GUPTA S., KIM J.-R., LIN S.-Y., MULLER J. P. 2010. Hesperian equatorial thermokarst lakes in Ares Vallis as evidence for transient warm conditions on Mars. *Geology* 38, 71.