

Autor: Arthur Lasak Okuda

Série: segunda (2013) do Ensino Médio

Profs : Lílian Siqueira e Fábio Siqueira

Colégio : Bandeirantes

Cidade: São Paulo

O Papel da Química Analítica no Desenvolvimento dos Laboratórios Químicos Espaciais

Desde a antiguidade o Homem se encanta pela observação do céu noturno. Com o desenvolvimento da ciência, os astros foram durante muito tempo seu principal objeto de estudo. Através de perguntas como “Qual a velocidade?”, “Qual a posição?”, “Quais são as forças envolvidas?” e com ajuda de outras ciências como a Física e a Astronomia, aqueles que se dedicaram a esse estudo foram capazes de compreender muitos aspectos acerca do que viam. Mas foi com a pergunta “Do que é composto?”, que a Química Analítica entrou em ação e contribuiu imensamente para o avanço do nosso conhecimento sobre o Universo. Através de foguetes, ônibus espaciais e estações espaciais, além de robôs enviados a outros planetas, foi possível utilizar técnicas de Química, já conhecidas e empregadas na Terra, no estudo do espaço, marcando o início do desenvolvimento de verdadeiros laboratórios químicos espaciais.

Quando os cientistas começaram a se interessar pela composição do que viam através de telescópios, uma das primeiras técnicas que contribuiu para o desenvolvimento dessa área foi a espectroscopia óptica. Esta técnica foi especialmente importante devido à incapacidade de utilização de processos que envolvessem o envio de materiais ao espaço, com a vantagem de que as medições poderiam ser feitas na Terra. A luz proveniente das estrelas ou outros astros “quentes” era separada através de um elemento dispersor, como um prisma ou uma grade de difração, para se obter um “gráfico” da intensidade da luz medida em função da frequência, denominado espectro. Em seguida, as faixas escuras eram verificadas para se determinar os comprimentos de onda absorvidos pela atmosfera do astro estudado, a fim de identificar os elementos que a compunham. Um exemplo clássico deste tipo de análise foi o espectro obtido pelo cientista Joseph van Fraunhofer ao separar a luz proveniente do sol (Figura 1). Foram observadas diversas linhas escuras que, mais tarde, foram identificadas como características dos elementos que compõem a



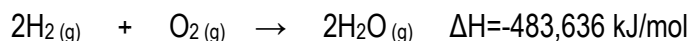
atmosfera solar.

Uma técnica similar também foi muito útil para que fosse possível descobrir o que existia no espaço entre os astros, antes considerado completamente “vazio”. Através do estudo dos espectros na faixa invisível para o olho humano (ondas de rádio), por meio dos radiotelescópios foi possível identificar a composição química do espaço

Figura 1 – Espectro de Fraunhofer²

metanal, aldeído de fórmula molecular H_2CO) no espaço interestelar em 1969, a primeira molécula orgânica a ser detectada nesse espaço.

Apesar do avanço proporcionado pelo uso dessas técnicas, foi com o lançamento de foguetes e dentro deles verdadeiras fortunas em equipamento (e conhecimento) científico, que ocorreram os maiores avanços na tentativa de se determinar “do que é composto o espaço”. Neste momento, como em muitos outros momentos importantes da História, a Química desempenhou um papel essencial. Para começar, sem a Química nunca seria possível o lançamento de foguetes, já que a energia utilizada para movimentá-los é proveniente de uma reação química. Um dos principais métodos utilizados ainda hoje para a propulsão de foguetes é a combustão do Hidrogênio na presença do Oxigênio, resultando em água, como descreve a equação química:



Com os equipamentos enviados ao espaço, foi possível realizar testes muito mais aprofundados e precisos. Uma das primeiras missões espaciais a carregar equipamentos científicos para análises químicas foi o foguete Sputnik 3, considerado por muitos o primeiro “laboratório espacial”. O foguete foi lançado em 1958, com o objetivo de estudar as camadas superiores da atmosfera, sendo responsável pela importante tarefa de coletar dados sobre as condições sob as quais os satélites poderiam operar.

Desde o lançamento do Sputnik 3, muitos avanços foram realizados tanto no estudo do espaço, quanto nas técnicas de Química Analítica, possibilitando que essas duas áreas de estudo fossem cada vez mais utilizadas em conjunto para o desenvolvimento de ferramentas mais potentes.

Um dos instrumentos mais avançados já desenvolvidos para o estudo do ambiente de outros planetas é o robô Curiosity, projetado pela NASA em parceria com grupos de pesquisa do mundo todo, como parte do projeto Mars Science Laboratory (Laboratório de Ciências de Marte, em tradução livre). Seu lançamento em novembro de 2011 e aterrissagem em Marte em agosto de 2012 marcaram o início de uma nova era da exploração espacial, devido à grande variedade e alta qualidade de informações que ele é capaz de fornecer, possibilitando muitos tipos de análises. O robô possui uma massa de 899kg, sendo que 80kg correspondem aos equipamentos científicos que transporta (Figura 2), dez vezes mais que em seus antecessores, Spirit e Opportunity. Desta forma, o Curiosity é sem dúvida uma das maiores concretizações de esforços mundiais para a construção de um laboratório químico espacial.

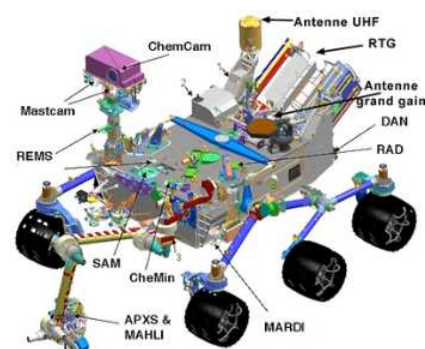


Figura 2- Curiosity e seus principais instrumentos⁵

O equipamento é alimentado pela energia proveniente do decaimento radioativo do isótopo plutônio-238, um emissor alfa potente com a meia vida de 87,7 anos, que decai segundo a reação nuclear:

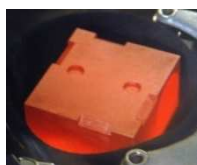
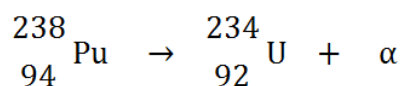


Figura 3- Reator⁵

A energia resultante deste e de outros decaimentos que o seguem é transformada em calor, que é então convertido em energia elétrica pela ação de termopares, eliminando o problema da dependência das suas células solares para seu funcionamento. O reator do robô (Figura 3) foi carregado com 4,8 kg de plutônio-238, massa suficiente para gerar 9MJ de energia por dia. O calor

não utilizado para a geração de energia auxilia na manutenção da temperatura do equipamento, já que as temperaturas externas podem variar de -127 a 40°C.

Dentre os muitos instrumentos que possui, um dos que mais se destaca é o ChemCam (Chemistry and Camera complex; complexo Química-Câmera, em tradução livre). Como o nome sugere, o ChemCam é na verdade um conjunto de dois equipamentos distintos: um telescópio e um espectrômetro (figura 4). O telescópio serve basicamente para a focalização de amostras rochosas que se deseja estudar. Uma vez focalizadas, as rochas são vaporizadas por um laser infravermelho, com um alcance de mais de 7m. Devido à alta intensidade da energia luminosa emitida pelo laser, a amostra é transformada em gás e em seguida ionizada, passando para o estado de plasma. Uma vez nesse estado, a nuvem de plasma emite luz em comprimentos de onda característicos de sua composição, que são identificados e separados pelo espectrômetro, que possui sensibilidade para comprimentos de onda visíveis, infravermelho e ultravioleta.

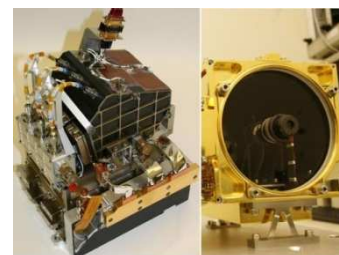


Figura 4-Espectrômetro (esquerda) e Telescópio (direita)⁵

Um dispositivo similar e também muito importante é o APXS (Alpha Particle X-ray Spectrometer; Espectrômetro de Raios-X e Partículas Alfa, em tradução livre). Este instrumento difere do anterior devido ao uso de partículas alfa ao invés de luz, para aumentar o nível de energia das amostras estudadas. Quando voltam ao seu estado inicial de energia, as amostras emitem luz na faixa de raios-X, características de sua composição química. Estes raios-X são capturados pelo APXS e analisados a fim de determinar a composição química do material.



Figura 5 - Padrão de Difração de Raios-X⁵

Outra importante técnica de Química Analítica empregada pelo Curiosity é a difração de raios-X, através do instrumento CheMin (Chemistry and Mineralogy; Química e Mineralogia, em tradução livre). O processo consiste na emissão de raios-X sobre uma estrutura cristalina. Os raios-X interagem com a matéria a nível atômico através do fenômeno da difração, o desvio da luz decorrente da interação desta com um obstáculo de dimensões semelhantes ao seu comprimento de onda. Através desta interação é gerado um padrão (Figura 5) que pode ser utilizado para determinar a estrutura do material estudado. O CheMin realiza perfurações na superfície de Marte e através desse tipo de análise é capaz de identificar e quantificar os diferentes minerais presentes na amostra.

Um dos mais completos e mais importantes instrumentos do Curiosity é o SAM (Sample Analysis at Mars; Análise de Amostras em Marte, em tradução livre). O SAM é um instrumento composto, assim como o ChemCam, formado por três partes (Figura 6) que empregam diferentes técnicas de análise química para analisar gases e compostos orgânicos de amostras atmosféricas e sólidas, com o intuito de explorar características atômicas e moleculares relevantes para a existência de vida. Os três principais instrumentos que constituem o SAM são um cromatógrafo a gás, um espectrômetro de massa, e um espectrômetro de laser sintonizável (tradução livre de tunable laser spectrometer), além de um sistema de manipulação de amostras que envolve processos de separação e processamento, antes da análise pelos instrumentos, o que faz do SAM um laboratório espacial de Química Orgânica.

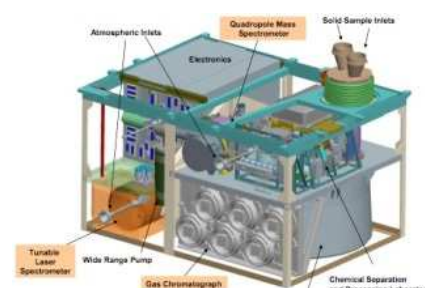


Figura 6 - Componentes do SAM¹⁰

A cromatografia gasosa é uma técnica que se baseia na diferença de interação dos componentes de uma mistura gasosa entre uma fase móvel e uma fase estacionária, para separar as substâncias que compõem a amostra. A

fase estacionária é a substância que reveste internamente um tubo, chamado de coluna cromatográfica, enquanto a fase móvel é um gás inerte que flui dentro dele. A amostra é misturada à fase móvel e ambas são impelidas através do tubo de modo que os componentes que tiverem maior afinidade (interações intermoleculares mais intensas) pela fase móvel se deslocarão com maior velocidade em relação ao tubo, enquanto as que tiverem maior afinidade pela fase estacionária se deslocarão com menor velocidade. O Curiosity realiza esse procedimento visando separar os diferentes componentes da sua amostra inicial, para que seja possível realizar os testes posteriores.

A próxima etapa realizada pelo SAM é a espectrometria de massa, técnica analítica que possui como objetivo a identificação dos átomos que compõem uma substância. A amostra é inicialmente bombardeada por um feixe de elétrons de alta energia, transformando seus átomos em íons. Em seguida, esses íons são acelerados por um campo elétrico e desviados por um campo magnético, atingindo em fim um detector. O ângulo do desvio depende da relação carga/massa do íon analisado. Assim, é possível identificar a composição atômica e isotópica da amostra estudada e, no caso do Curiosity, os componentes separados pela cromatografia gasosa.

O último teste que ocorre no SAM é a espectroscopia de laser sintonizável. Esta técnica visa identificar a abundância relativa de moléculas de metano com diferentes composições isotópicas, sendo CH_3D , $^{12}\text{CH}_4$ e $^{13}\text{CH}_4$ as mais comuns. Para tal, o instrumento é munido de um laser de frequência sintonizável na faixa do infravermelho, de modo que a intensidade de radiação absorvida é medida em função das frequências de emissão do laser. Os diferentes isótopos que podem compor a molécula de metano fazem com que os diferentes “tipos” de metano apresentem picos de absorção máxima ligeiramente diferentes, tornando possível a conversão da informação obtida em abundância relativa de cada um dos “tipos” analisados.

Assim, é possível perceber a importância da Química, especialmente da Química Analítica Instrumental, para o desenvolvimento dos laboratórios espaciais. Através do Curiosity e de outros equipamentos que utilizam princípios semelhantes de análise química, houve grandes avanços no estudo do espaço, principalmente no que diz respeito à constituição dos corpos celestes. Destaca-se também o valor das técnicas de espectrometria para a investigação da composição química do espaço, apresentando extrema relevância desde o início de tal prática até os dias atuais nos equipamentos de última geração. Deste modo, conclui-se que a Química desempenhou e continua desempenhando papel fundamental para o conhecimento do Universo.

Referências Bibliográficas

1. <http://www.physics.uc.edu/~hanson/AstronomicalSpectroscopy.pdf> Acesso em 08/11/13.
2. <http://www.aip.org/history/cosmology/tools/pic-spectroscopy-fraunhofer-spectrum.htm> Acesso em 8/11/13.
3. http://prl.aps.org/abstract/PRL/v22/i13/p679_1 Acesso em 08/11/13.
4. <http://noticias.terra.com.br/ciencia/espaco/ha-55-anos-primeiro-laboratorio-espacial-ajudou-a-compreender-a-atmosfera.d9fc42ef7b4ae310VgnVCM3000009acceb0aRCRD.html> Acesso em 14/11/13.
5. [http://en.wikipedia.org/wiki/Curiosity_\(rover\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Curiosity_(rover)) Acesso em 14/11/13.
6. http://www.jpl.nasa.gov/news/fact_sheets/mars-science-laboratory.pdf Acesso em 14/11/13.
7. <http://solarsystem.nasa.gov/rps/docs/APP%20RPS%20Pu-238%20FS%2012-10-12.pdf> Acesso em 14/11/13.
8. http://www.msl-chemcam.com/index.php?menu=inc&page_consult=textes&rubrique=64&sousrubrique=224&soussousrubrique=0&titre_url=ChemCam%20-%20How%20does%20Chem%20Cam%20work?#.UpEO7cRwqSp Acesso em 14/11/13.
9. <http://mars.nasa.gov/msl/mission/instruments/spectrometers/chemin/> Acesso em 19/11/13.
10. <http://msl-scicorner.jpl.nasa.gov/Instruments/SAM/> Acesso em 19/11/13.
11. <http://www.cpatc.embrapa.br/eventos/seminariodequimica/1%B0%20Minicurso%20Produ%E7%E3o%20e%20Qualidade%20de%20Biodiesel/cromatografiagasosa.pdf> Acesso em 20/11/13.
12. <http://microdevices.jpl.nasa.gov/capabilities/semiconductor-lasers/tunable-laser-spectrometers.php> Acesso em 20/11/13.
13. RUSSELL, John B. *Química Geral Vol. 1*. 2ª Edição. Makron Books, 2008.
14. VOGEL, Arthur I. *Vogel's textbook of quantitative chemical analysis* 5th ed. Longman Scientific & Technical, 1989.