EXPERIMENTOS DE MAGNETIZAÇÃO REMANENTE PÓS-DETRÍTICA EM SEDIMENTOS SINTÉTICOS

Flávia Zanetti[1,2], Elder Yokoyama[1*]

[1] Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, Rua do Matão, 1226, 05508-090, Brasil.

[2] Centro Universitário Monte Serrat, Av. Rangel Pestana, 99, 11013-551, Brasil.

*Autor correspondente: elder@iag.usp.br

ABSTRACT

The magnetic records preserved in sediments can carry information about global changes in the past with respect to the variations of both the geomagnetic field and the paleoenvironment at the time of the sediments formation. Thus, a detailed magnetic study of sedimentary rocks or unconsolidated pelagic sediments can provide continuous records where these changes are recorded. However, the acquisition of magnetization in sediments and sedimentary rocks and its stability through time are still controversial. Besides the factors inherent to the deposition process, such as a flocculation or deep currents, other factors such as compaction, bioturbation and diagenesis can significantly change these records and lead to misinterpretations. In this context, this study aims to investigate the alignment of magnetic grains in the sediment-water interface layer, which is commonly named gel-zone. This study investigates, through experiments in synthetic sediments, the time period during which the magnetization is locked in this zone, and how the magnetization may be affected by the above-mentioned factors. The experiments are carried out under controlled magnetic field induction and environment simulations with or without external disturbances that could influence the final lock of the magnetization.

Keywords: gel-zone, pDRM; synthetic sediments

RESUMO

Os registros magnéticos nos sedimentos têm a capacidade de portar informações sobre mudanças globais ocorridas no passado, tanto em relação a variações do campo geomagnético quanto ao paleoambiente na época de sua formação. Desta forma, um detalhado estudo magnético de rochas sedimentares ou de sedimentos inconsolidados pode fornecer registros contínuos nos quais essas variações são registradas. Todavia, muitos a aquisição de magnetização em sedimentos e rochas sedimentares ainda é controversa em relação a sua estabilidade. Além de fatores inerentes à própria deposição, como a floculação dos grãos ou correntes de fundo, fatores como compactação, bioturbação e diagênese podem alterar significativamente esses registros e levar a interpretações equivocadas. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo investigar o alinhamento dos grãos magnéticos na camada interface sedimento-água, que é comumente nomeada de zona de gel. Este estudo pretende investigar, através de experimentos em sedimentos artificiais, o momento no qual a magnetização é bloqueada nesta zona de gel, bem como a magnetização pode ser modificado pelos fatores acima citados. Os experimentos contam com a indução do campo magnético controlado e com simulações de ambientes com ou sem perturbações externas que poderiam influenciar no bloqueio final da magnetização.

Introdução

Os primeiros registros históricos sobre o campo magnético terrestre remetem à China do século V a.C. Já nesta época os chineses sabiam que a bússola não apontava de fato para o norte geográfico. O campo

magnético é representado de forma vetorial, ou seja, através de intensidade, direção e sentido. No caso da Terra, o campo magnético é comumente simplificado e modelado na forma de um dipolo, cujo geocêntrico axial, isto é, na forma de um dipolo (modelo de campo geomagnético), onde as linhas de campo emanam do Pólo Sul e convergem para o Pólo Norte (*e.g.*, Butler, 1998). Este campo, bem como suas variações, pode ser registrado ao longo do tempo geológico através da magnetização das rochas. Sabe-se, que grande parte das rochas tem capacidade de adquirir uma magnetização remanente, devido à pequena porcentagem de minerais magnéticos nelas existentes (*e.g.*, Butler, 1992). Cada material possui particularidades em sua formação e isso determina os diferentes processos de aquisição da magnetização. Ao decorrer da formação de tais materiais, a temperatura é o principal parâmetro que controla a aquisição, sendo dessa forma a magnetização natural nomeada termoremanente (TRM). Já em sedimentos, o alinhamento dos grãos com o campo magnético ambiente pode acontecer ao longo precipitação dos grãos pela coluna d'água, sendo que a magnetização adquirida neste processo é nomeada de magnetização remanente detrítica (DRM). Após os grãos magnéticos cruzarem a interface água/sedimento a magnetização passa a ser magnetização remanente pós-deposicional (pDRM) (*e.g.*, Tauxe, 2013).

No entanto, diferentemente da TRM as magnetizações associadas às condições deposicionais (DRM e pDRM) podem sofrer diversas perturbações, que comprometem sua estabilidade. Além de fatores inerentes à própria deposição, como a floculação dos grãos ou correntes de fundo, fatores como compactação, bioturbação e diagênese podem alterar significativamente esses registros e levar a interpretações equivocadas (*e.g.*Tauxe *et al*., 2006).

Com o intuito de contribuir para o melhor entendimento sobre a magnetização adquirida em condições deposicionais, este estudo tem como objetivo investigar o alinhamento dos grãos magnéticos na camada interface sedimento-água, que é comumente nomeada de zona de gel. Nele pretende-se investigar através de experimentos em sedimentos sintéticos, o momento no qual a magnetização é bloqueada nesta zona, bem como simular mudanças de salinidade, compactação, bioturbação entre outros, a fim de verificar as mudanças na magnetização remanente. Os experimentos contam com a indução do campo magnético controlado e com simulações de ambientes com ou sem perturbações externas que poderiam influenciar no bloqueio final da magnetização.

Materiais e Métodos

Para simulara a zona gel e os sedimentos nela encontrados, foram utilizados até o presente momento os seguintes materiais: resina, catalizador, pigmentos de magnetita e hematita, silicato de sódio, alumina, ágar – ágar, água destilada. As medidas de magnetização foram efetuadas no magnetômetro tipo SQUID (2G Enterprises) do Laboratorio de Paleomagnetismo do IAG/USP. Este equipamentos é acomodado numa sala magneticamente isolada (magnetically shielded room), com campo magnético interno inferior a 1000 nT, concebida para evitar interferências do campo magnético ambiente durante as medidas da fraca remanência de rochas sedimentares. Ao todo foram realizados três experimentos diferentes: o primeiro foi com resina e pigmentos; o segundo foi com silicato de sódio e alumina; e o terceiro foi o ágar – ágar.

O primeiro experimento realizado foi feito com a resina, onde se misturou resina e catalizador nas proporções de 1:3, respectivamente, e em seguida adicionado os pigmentos de magnetita. Foram realizadas medidas no magnetômetro durante duas horas, alternando a bobina ligada e desligada, sempre esperando dez minutos de uma medida para outra, a fim de obter um registro memória na resina conforme o a solidificação do material fosse acontecendo.

O segundo teste foi feito com silicato de sódio e alumina para ver como se comportaria tais materiais. No primeiro momento testamos proporções dos dois materiais para achar a quantidade certa que íamos usar de silicato e alumina que melhor reagisse e proporcionasse a consistência desejada. A melhor proporção foi obtida com a amostra que continha 80% de silicato e 20% de alumina que na verdade corresponde a 10.473

g e 2.473 g, respectivamente. Após a mistura dos materiais, foi adicionado pigmentos de hematita.

O terceiro ensaio foi feito com ágar – ágar e água destilada. Foram misturadas proporções diferentes de ágar-ágar e sempre a mesma quantidade de água destilada. Os testes foram realizados nas proporções de 0.15 g, 0.30 g, 0.60 g de ágar – ágar e utilizando sempre 10 ml de água destilada. Cada proporção era colocada em um Becker juntamente com a água e em seguida levada a uma chapa por volta de 55º C, mexendo sem parar até que a solução atingisse a temperatura por volta dos 53º C. Em seguida a mistura era retirada da chapa colocada em um potinho simples de acrílico e adicionada os pigmentos magnéticos, como magnetita e hematita. Era colocado o termômetro na amostra e as temperaturas eram registradas a partir do momento em que se retirava a mistura da chapa, anotando de dois em dois minutos, com o intuito de obter o momento e em qual temperatura o material ia se aglutinar.

Resultados

No teste com a resina, os resultados foram obtidos através do software Remasoft 3.0 (Agico Ltda), que gerou uma série de gráficos a partir das medidas do magnetômetro, possibilitando as análises. Na Figura 1 as amostras referentes aos gráficos (a) e (d) apresentam um comportamento menos linear por serem as amostras de referência ou branco, pois não possuem pigmentos. Já as amostras representadas nos gráficos (b), (c), (e) e (f) apresentam um comportamento mais linear da magnetização, pois contêm pigmentos magnéticos. A magnetização nas amostras (a) e (c) tem uma inclinação negativa, pois não sofreram indução do campo gerado pela bobina, entretanto a amostra (b) tem uma inclinação positiva mesmo não passando pelo campo, isso possivelmente é fruto do alinhamento dos grãos magnéticos com as linhas de campo na entrada do magnetômetro. As amostras (e) e (f) apresentam uma inclinação positiva em resposta a indução do campo magnético controlado. A resina de um modo geral mostrou-se como um material em potencial, porém carece de um controle de viscosidade.

Já o silicato de sódio os resultados não foram tão satisfatórios quanto se esperava, pois o material sofre do mesmo problema da resina, que é possuir parâmetros para o controle da viscosidade. Após a solidificação total da amostra, foi observado que o silicato de sódio ficou bifásico com a alumina, e os pigmentos de hematita ficaram em cima ou no meio da amostra.

O ensaio com ágar – ágar o resultado foi muito aceitável, pois o material atingiu a consistência procurada. A quantidade do ágar – ágar e a temperatura influenciam na consistência final. As melhores proporções obtidas foram de 0.30 g e 0.60 g, onde na primeira a amostra fica bem coesa, ou seja, ficou praticamente toda solidificada, e a amostra com 0.60 g de ágar–ágar ficou na consistência de gelatina. Nos dois experimentos a temperatura inicial foi, após ser retirado da chapa, de 53º C, o que permitiu a geleificação. Temperaturas inferiores a essa não possibilitam que a amostra fique mais rígida, e o resultado é sempre um líquido. Por tanto a quantidade de ágar-ágar e a temperatura são fatores muito importantes para se chegar o melhor resultado.

Conclusão e Perspectivas

A partir dos testes laboratoriais foi possível chegar conclui-se que o material mais inadequado até então é o ágar – ágar, pois foi o que demonstrou melhor comportamento em relação aos pigmentos magnéticos, atingindo a consistência mais apropriada para o experimento. A resina é um bom material, porém ainda falta conhecer mais o desempenho deste nos teste. E isso serve também para o silicato de sódio também.

As perspectivas para o trabalho é que os próximos testes serão feitos com um tipo de gelatina que se solidifica em temperatura ambiente, e que necessita de água gelada (~2° C) para geleificar, o que permite simular temperaturas bem parecidas com as que ocorrem em ambientes pelágicos.

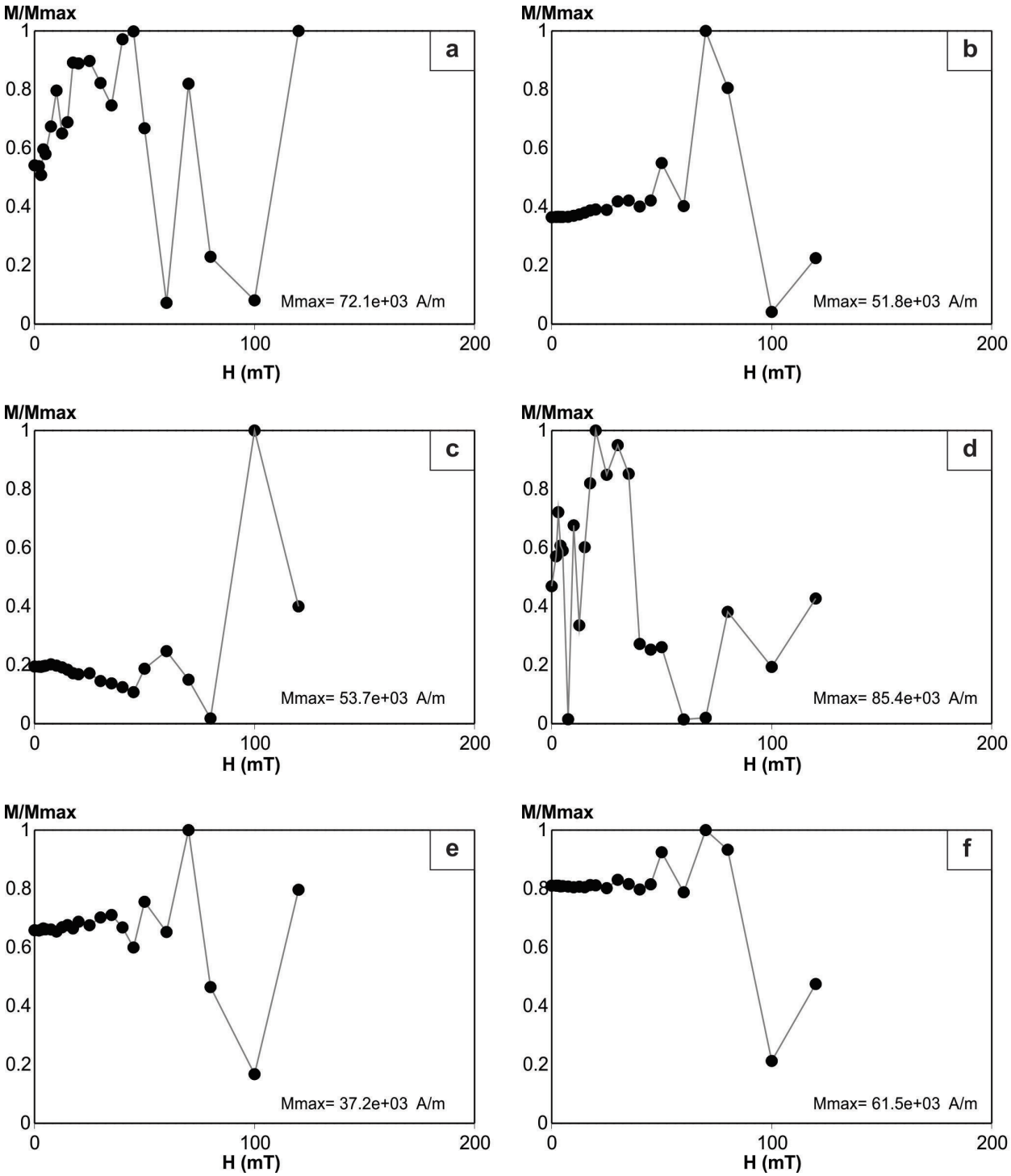

Figura 1. Gráficos de magnetização normalizada M/Max vs. campo alternado H: (**a**) corresponde à amostra FZ1 que é branco antes da bobina; (**b**) representa à amostra FZ2 com pigmentos de magnetita antes da bobina; (**c**) é o resultado da amostra FZ3 com pigmentos de magnetita antes da bobina; (**d**) refere-se à amostra FZ4 que é o segundo branco depois da bobina; (**e**) pertence à amostra FZ5; (**f**) condiz com a amostra FZ6, sendo que as duas contêm pigmentos de magnetita e estando depois da bobina.

Referências Bibliográficas

Butler, R F, 1992. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. *Blackwell Scientific Publications,* 237 p.

Tauxe L., 2013. Essentials of Paleomagnetism: Second Web Edition. http://magician.ucsd.edu/Essentials_2/

Tauxe, L., Steindorf, J. L., Harris, A., 2006. Depositional remanent magnetization: Toward an improved theoretical and experimental foundation. *Earth and Planetary Science Letters*, *244 (3-4)*, 515-529.