Física 2018
21ª Conferência Nacional de Física
28º Encontro Ibérico para o Ensino da Física

ANTÁRTIDA, FLUXO DE CALOR E GELO

Maria Rosa Duque

mrad@uevora.pt

Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000 Évora, Portugal

1. INTRODUÇÃO

O método convencional de obtenção do fluxo de calor de origem geotérmica, à superfície da Terra, utiliza valores de gradientes de temperatura no solo e valores de condutividade térmica das formações onde são feitas as medições de temperatura.
Devido ás condições climatéricas que se verificam na Antártida, e pelo facto de grande parte do continente estar coberto por lençóis de gelo, os mapas de fluxo de calor têm sido obtidos por métodos indiretos.

2.MAPAS DE FLUXO DE CALOR

O mapa de fluxo de calor utilizado neste trabalho foi obtido a partir de dados aeromagnéticos. Atendendo a que as propriedades magnéticas dos materiais constituintes da crusta terrestre desaparecem a uma temperatura conhecida como **Temperatura do ponto de Curie** , é possível, através de dados magnéticos, saber a profundidade a que ocorre a **Temperatura do ponto de Curie (**580° C para a magnetite). O fluxo de calor é obtido considerando transferência de calor por condução, na direção vertical e variação uniforme de temperatura desde a superfície da Terra até à profundidade obtida. O fluxo de calor é obtido através da multiplicação do gradiente da temperatura por um valor médio da condutividade térmica para os materiais constituintes da crusta.
. A Figura 1 mostra-nos que a distribuição espacial dos valores do fluxo de calor não é homogénea. Os valores menos elevados de fluxo de calor encontram-se no lado Este da Antártida e variam entre 45 e 85 mW m^{-2}. No lado W os valores são mais elevados situando-se entre 65 e 180 mW m^{-2}. Na Península Antártida o valor máximo é de cerca de 170 mW m^{-2}. Existem pequenas anomalias locais como a verificada no Lago Williams (285 mW m^{-2}). O valor obtido no Pólo Sul é 59 mW m^{-2}.

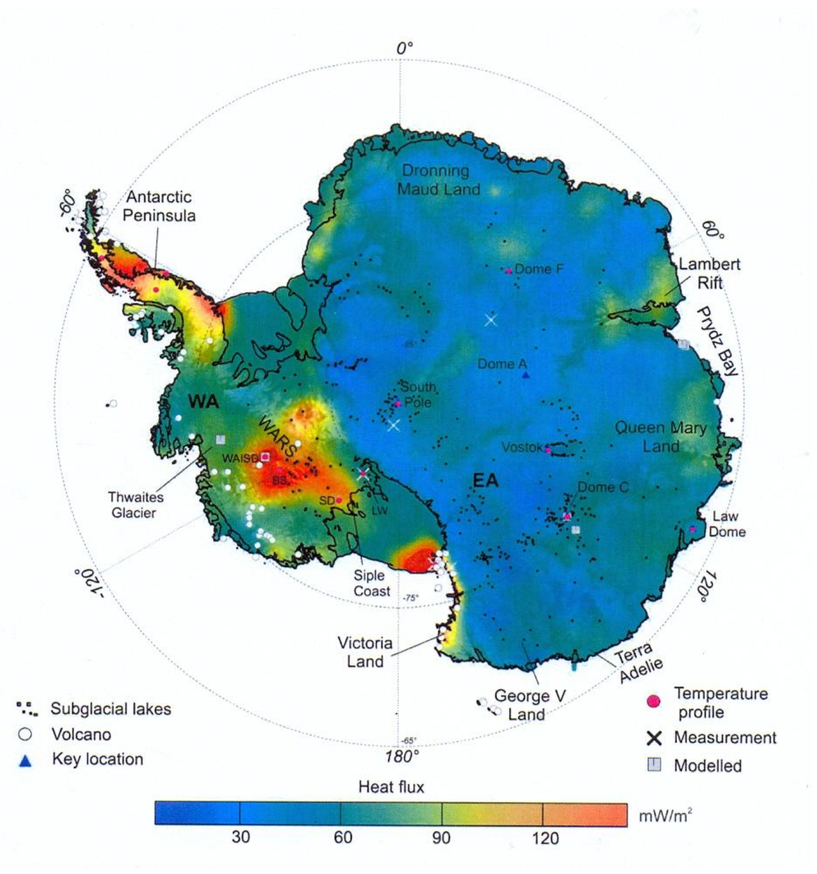

Figura 1. Mapa de fluxo de calor na base do gelo, na Antártida (Martos, Y. .M. et al., 2017)

3. FUSÃO DO GELO

Atendendo aos valores obtidos de fluxo de calor, considerando a condutividade térmica do gelo, facilmente se conclui que o gradiente de temperatura é inferior ao esperado considerando apenas condução até à superfície do gelo. Tal facto sugere a existência de sumidouros na região. A movimentação de lençóis de gelo no interior do continente sugere a existência de gelo fundido (ver Tabela 1). As heterogeneidades laterais e a topografia podem favorecer a advecção lateral. .

5. REFERÊNCIAS

-Jaupart, C. and. Mareschal, J.-C. " Heat Generation and Transport in the Earth" Cambridge University Press, pp. 357-378, 2011.
- Martos, Y. M., Catalán, M., Jordan, T. A., Golynsky, A., Golynsky, D., Eagles, G., and Vaughan, D.V." Heat flux distribution of Antarctica unveiled, " *Geophys. Res. Lett.*, vol 4, pp. 1-10, 2017.

Tabela 1. Fluxo de calor, espessura e condutividade térmica do gelo, temperatura do gelo à superfície, e espessura de gelo fundido por ano.

Parte Central

Q (mW m^{-2})	Base do gelo (Km)	Altitude (Km)	λ_{gelo} (W $K^{-1}m^{-1}$)	T_0 (° C)	T_b (° C)	Q* (mWm^{-2})	h (mm ano^{-1})
43	0.7	3.8	2.62	-65	-14.1	N/A	N/A
50	1.3	2.7	2.55	-48.8	-21.4	N/A	N/A
55	1.3	2.7	2.55	-48.8	-18.6	N/A	N/A
60	0	2.8	2.58	-50	15.9	43.8	1.7

Lado E – Perto da costa

Q (mW m^{-2})	Base do gelo (Km)	Altitude (Km)	λ_{gelo} (W $K^{-1}m^{-1}$)	T_0 (° C)	T_b (° C)	Q* (mWm^{-2})	h (mm ano^{-1})
50	0.5	2.5	2.47	-45	-4.5	N/A	N/A
60	0.5	2.5	2.47	-45	4.0	5.5	0.6
80	0.0	1.5	2.40	-35	15.0	24.2	2.5
80	-0.2	1	2.36	-30	22.0	22	2.3
85	-1.5	0.2	2.30	-20	42.8	58.6	6.0

Lado W – Perto da costa

Q (mW m^{-2})	Base do gelo (Km)	Altitude (Km)	λ_{gelo} (W $K^{-1}m^{-1}$)	T_0 (° C)	T_b (° C)	Q* (mWm^{-2})	h (mm ano^{-1})
87	-0.8	2	2.38	-30	72.6	62	6.4
90	-0.3	1.9	2.37	-29	54.5	59.3	6.1
92	-0.6	2	2.38	-30	70.7	65.0	6.7
110	-0.7	1.8	2.37	-28	88.0	83.9	9.1
128	-1.0	1.8	2.37	-28	123.2	104.7	10.8
135	-1.0	1.4	2.33	-24	115.35	112.2	11.6
140	-0.8	1.5	2.33	-25	113.5	115.2	11.9

T_n Temperatura na base do gelo se não existisse fusão

Q*- Fluxo de calor associado a condução

3.2 VARIAÇÕES DE TEMPERATURA À SUPERFÍCIE

As variações de temperatura na superfície da Terra afetam as temperaturas em profundidade. As perturbações obtidas estão relacionadas com o valor da alteração de temperatura e o intervalo de tempo em que ocorre.
Uma perturbação de temperatura de amplitude ΔT e duração δt, tendo terminado num "instante" t antes do atual, apresentará uma perturbação máxima a uma profundidade Z_{max} e a sua amplitude será ΔT_{max}, sendo k a difusividade térmica do solo (Jaupart and Mareschall, 2011).

$$Z_{max} = (2\ k\ t)^{0,5} \quad ; \quad \Delta T_{max} = 0,147\ \Delta T\ (\delta t/t)$$

Na Tabela 2 são apresentadas três perturbações de temperatura com valores distintos e que ocorreram em épocas distintas, tendo sido utilizado para difusividade térmica do solo (gelo) o valor k= 1,44 X 10^{-6} m^2 s^{-1}, correspondente a uma temperatura média de -30 ºC..

Tabela 2.. Perturbações de temperatura à superfície, profundidade onde se verifica a perturbação máxima atual e valor da perturbação.

ΔT (° C)	δt (anos)	t (anos)	Z_{max} (m)	ΔT_{max} (° C)
- 6	4000	(1)19 000	1313	-0,19
4	*	10 000	952	1,28
1	200	210	138	0,14

(1) - Máximo da última glaciação ; * - Salto de temperatura

4. CONCLUSÕES

-O valor do fluxo de calor de origem geotérmica, a espessura do gelo e a profundidade a que se encontra abase do gelo são fatores a ter em conta no estudo da fusão dos gelos.
- As perturbações de temperatura ocorridas à superfície podem ser detetadas nos gelos mas a velocidade de penetração faz com que as variações atuais não tenham influência direta.
-Não podemos terminar o trabalho sem falar das incertezas associadas a todo o estudo feito devido principalmente a falta de medição direta das propriedades e parâmetros envolvidos, podendo ser necessário alterar as conclusões apresentadas quando novos dados obtidos na região forem publicados..