

# ***Estudo das propriedades físicas de algumas rochas da Península de Hurd (Ilha Livingston, Antárctida Marítima)***

*Physical properties of some rocks from Hurd Peninsula (Livingston Island, Maritime Antarctica)*

P. M. Amaral<sup>1</sup>\*, A. Correia<sup>1</sup>, G. Vieira<sup>2</sup>, M. Ramos<sup>3</sup>, A. Trindade<sup>2</sup>, J. Carrilho<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Departamento de Física, Centro de Geofísica de Évora, Évora, Portugal.

<sup>2</sup> Universidade de Lisboa, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, Portugal.

<sup>3</sup> Universidade de Alcalá, Departamento de Física, Madrid, Espanha.

<sup>4</sup> Universidade de Évora, Departamento de Geociências, Évora, Portugal.

\* [amaral.paulomaciel@gmail.com](mailto:amaral.paulomaciel@gmail.com)

**Resumo:** A distribuição do *permafrost* e da camada activa são afectados pelas alterações climáticas. Para diagnosticar e modelar este efeito é necessário monitorizar o regime térmico do solo e obter os valores das propriedades termofísicas do solo (condutividade térmica e difusividade térmica), essenciais para compreender como ocorre a transferência de energia térmica entre a atmosfera e as camadas mais superficiais do solo. Foram realizadas cinco sondagens na Península de Hurd (Ilha Livingston, Antárctida Marítima) com recolha de testemunhos e instalação de termistores. São apresentados os valores de várias propriedades físicas de rochas medidas (condutividade térmica, difusividade térmica, porosidade, massa volúmica, velocidade de ondas P e produção de calor) e uma breve descrição litológica da zona onde os furos foram realizados.

**Palavras-chave:** Propriedades físicas de rochas, *permafrost*, Península Antárctica

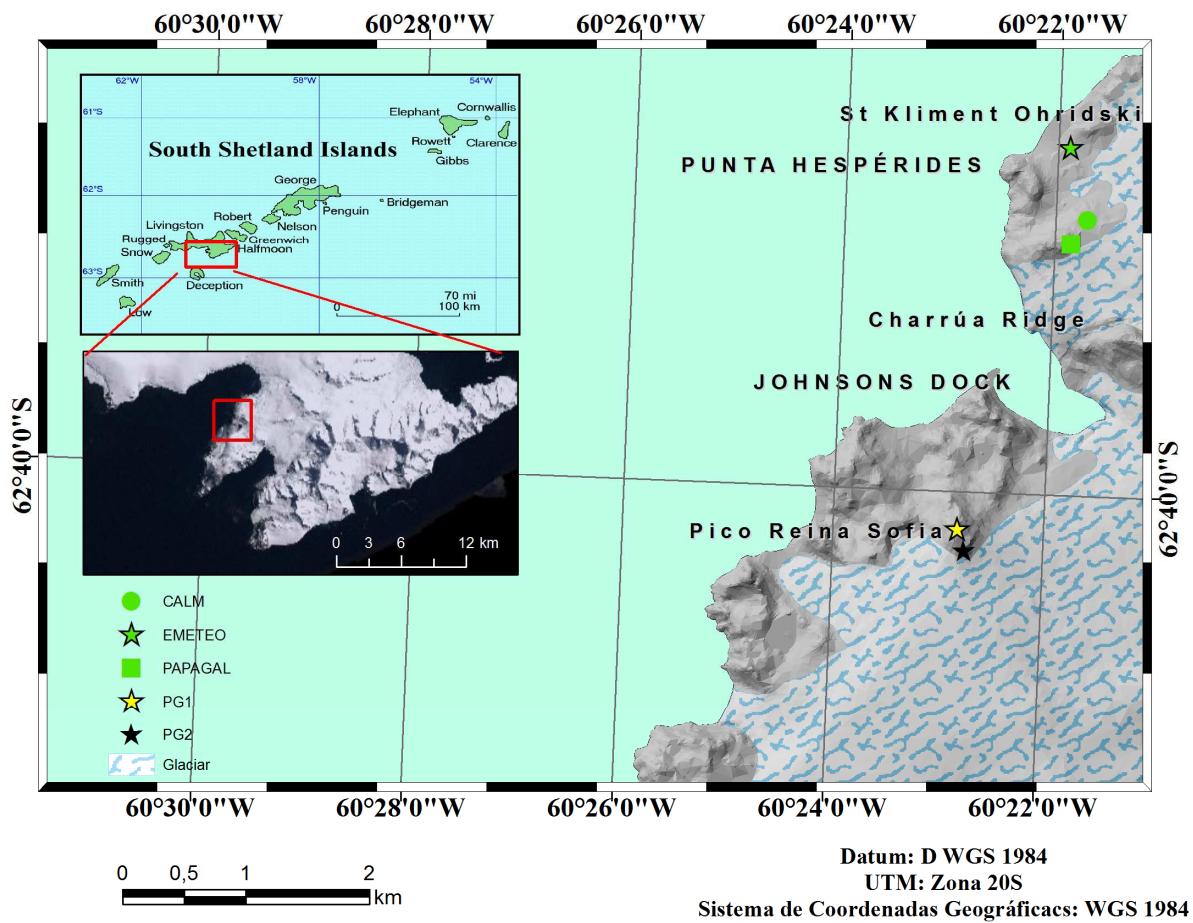
**Abstract:** The permafrost and the active layer distribution are affected by climate change. To diagnose and model this effect is necessary to monitor the thermal regime of the soil and determine the values of the thermophysical properties of the soil (thermal conductivity and thermal diffusivity), which are essential to understand the energy balance between the atmosphere and uppermost ground. Cores were collected and chains of thermistors installed in five boreholes in the Hurd Peninsula (Livingston Island, Maritime Antarctica). The main lithology and values of various physical properties of rocks are reported here (thermal conductivity, thermal diffusivity, porosity, density, P-wave velocity and heat production).

**Key-words:** Physical properties of rocks, *permafrost*, Antarctica Peninsula

## **INTRODUÇÃO**

A distribuição do *permafrost* e da camada activa está ligada ao balanço energético à superfície do solo que, por sua vez, é influenciado pelas alterações climáticas. Para compreender o regime térmico do solo é, por isso, necessário determinar os valores da condutividade e da difusividade térmicas em testemunhos obtidos em furos ou em amostras de mão (Amaral *et al.*, 2010; Correia, 2009; Ramos *et al.*, 2010). Em ambientes periglaciários, onde ocorre sazonalmente fusão e congelamento da água, a condutividade térmica varia com a porosidade e a condutividade térmica do material que preenche os poros, i.e., água ou gelo. Para estudar os processos térmicos nas camadas mais superficiais do solo

junto às bases antárticas Espanhola e Búlgara foram realizadas cinco sondagens, em diversas campanhas, entre os anos de 2007 e 2009 (Figura 1). Essas sondagens, aqui referidas por CALM, Papagal, EMETEO, PG1 e PG2 permitem a monitorização térmica do solo através de cadeias de termistores colocados no seu interior; por outro lado, a recolha de testemunhos permitiu a determinação, em laboratório, de diversas propriedades físicas importantes para o estudo do balanço energético à superfície do solo como, entre outras, a condutividade térmica e a difusividade térmica.



**Figura 1:** Localização das cinco sondagens realizadas na península de Hurd.  
**Figure 1:** Location of the five boreholes drilled in the Hurd Peninsula.

## RESULTADOS PRELIMINARES

Os valores da condutividade térmica e da difusividade térmica foram determinados em testemunhos secos com os equipamentos ISOMET 2104 e TCS Lippmann & Rauen GbR. Foi também utilizado um espectrómetro de radiação gama SILENA para determinar os conteúdos em urânio, tório e potássio e calcular os valores de produção de calor. Os valores da porosidade e massa volúmica foram

determinados utilizando técnicas de saturação e pesagem hidrostática (ISRM, 1979). Para simular as condições ambientais da Península Antárctica foram estimados os valores da condutividade térmica das rochas com os poros preenchidos por água e por gelo (Equação 1) (Schön, 2006):

$$K_g = K_m^{1-\Phi} \cdot K_p^\Phi \quad \text{Eq. (1)}$$

onde  $K_g$  é a média geométrica da condutividade térmica,  $K_m$  é a condutividade térmica da matriz,  $K_p$  é a condutividade térmica do material que preenche os poros (água, gelo ou ar) e  $\Phi$  é a porosidade. Foram também determinados os valores da velocidade das ondas P através de um equipamento PUNDICT 6 e foram ainda realizadas diversas lâminas delgadas para estudos petrográficos. De maneira sumária foram distinguidos três tipos de classes petrográficas: (A) rochas sedimentares areníticas; (B) rochas sedimentares siltíticas; (C) e rochas ígneas hipabissais de composição andesítica (*s.l.*). As rochas sedimentares areníticas encontram-se representadas nas arcoses das sondagens CALM e EMETEO e os arenitos quartzosos nas sondagens PG1 e PG2. As rochas sedimentares siltíticas aparecem na sondagem PG1 e as rochas ígneas na sondagem Papagal. Pontualmente, identificam-se fácies sedimentares areníticas e siltíticas na sondagem Papagal. Na Tabela 1 são apresentados os valores das várias propriedades físicas determinadas para cada uma das cinco sondagens.

**Tabela 1:** Valores da condutividade térmica (K), difusividade térmica ( $\alpha$ ), porosidade ( $\Phi$ ), massa volúmica ( $\rho$ ), velocidade das ondas P em testemunhos secos ( $V_p$ ), velocidade das ondas P em testemunhos saturados ( $V_{psat}$ ) e produção de calor nas rochas das sondagens CALM, Papagal, EMETEO, PG1 e PG2. O número de ensaios realizados encontra-se identificado na coluna n.

(\*) Valores estimados da condutividade térmica das rochas com os poros preenchidos por água;

(\*\*) Valores estimados da condutividade térmica das rochas com os poros preenchidos por gelo.

**Table 1:** Values of thermal conductivity (K), thermal diffusivity ( $\alpha$ ), porosity ( $\Phi$ ), density ( $\rho$ ), P wave velocity in dry cores ( $V_p$ ), P waves velocity in saturated cores ( $V_{psat}$ ), and heat production in rocks of the CALM Papagal, EMETEO, PG1, and PG2 boreholes. n is the number of measurements.

(\*) Estimated values of the thermal conductivity of rocks with pores filled with water.

(\*\*) Estimated values of the thermal conductivity of rocks with pores filled with ice.

SONDAGEM	K (W/m.K)			$\alpha$ ( $\times 10^{-6}$ ) m <sup>2</sup> /s		$\Phi$ (%)		$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )		$V_p$ (m/s)		$V_{psat}$ (m/s)		A ( $\mu\text{Wm}^{-3}$ )	
	n	média	(Kw)*	(Ki)**	n	média	n	média	n	média	n	média	n	média	n
CALM	15	3,14±0,16	3,25	3,30	15	1,58±0,04	6	1,2±0,4	6	2647±18	4	5219±250	3	5550±291	3,03
Papagal	15	3,17±0,17	3,35	3,43	15	1,52±0,05	5	1,9±0,4	5	2660±34	3	4727±138	2	4913±6	1,09
EMETEO	56	3,20±0,39	3,31	3,35	56	1,53±0,16	6	1,1±0,1	7	2630±22	5	5147±100	5	5687±159	
PG1	7	2,73±0,25	2,91	2,98	7	1,19±0,18	7	2,0±0,4	7	2697±25					1,97
PG2	6	3,20±0,11	3,35	3,39	6	1,54±0,08	6	1,4±0,3	6	2659±11					1,62

## DISCUSSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Do que foi exposto na secção anterior pode dizer-se que nos testemunhos obtidos nas cinco sondagens realizadas na Península de Hurd (Ilha Livingston, Antárctida Marítima) os valores da condutividade térmica variam pouco ao longo do ano como resultado da sua baixa porosidade. Na verdade, os valores da condutividade térmica com os poros preenchidos por água ou por gelo não diferem de maneira significativa. Contudo, esta hipótese terá ser testada em trabalhos que forneçam valores da porosidade média a nível dos maciços rochosos e não apenas dos testemunhos. A conjugação dos valores da condutividade térmica e da difusividade térmica com o registo da temperatura nas diferentes sondagens permitirá, no futuro, determinar o valor do fluxo geotérmico médio bem assim como a variação climática na zona da Península Antártica para períodos anteriores ao período instrumental. Por outro lado, o conhecimento dos parâmetros físicos das rochas acima descritos abre caminho à modelação do regime térmico do solo na Península de Hurd, o que permitirá compreender a evolução do *permafrost* como resultado das variações climáticas regionais.

### Referências:

- AMARAL, P.M., CORREIA, A., VIEIRA, G., RAMOS, M., & TRINDADE, A. (2010). Condutividade térmica de testemunhos obtidos em duas perfurações realizadas na ilha de Livingston (Antárctida Marítima). Resultados preliminares. In J. J. Blanco, M. A. Pablo, & M. Ramos (Edits.), Ambientes Periglaciares, Permafrost y Variabilidad Climática. II Congreso Ibérico de la International Permafrost Association, 139-146. ISBN: 978-84-9138-885-5.
- CORREIA, A. (2009). On The Possibility Of Using Geothermal Data For Paleoclimate Studies In Antarctica: The Experience From Portugal. Finisterra, XLIV, 109-116.
- RAMOS, M., VIEIRA, G., GRUBER, S., PABLO, M.A., & CORREIA, A. (2010). Estado térmico del permafrost en el monte Reina Sofía, primer año de registro continuo. Isla Livingston (Antárctida). In J.J. Blanco, M.A. Pablo, & M. Ramos, Ambientes Periglaciares, Permafrost Y Variabilidad Climática, 79-92. ISBN: 978-84-9138-885-5.
- ISRM (1979). Suggested methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties and swelling and slake durability index properties. In Jr. Rock Mec. Min. Sci. Geom.Abst., 16, no. 2, 141-156.
- SCHÖN, J. H. (2006). Physical properties of rocks: fundamentals and principles of petrophysics. Handbook of geophysical exploration. Section I, Seismic exploration, 18, Pergamon.