



CARACTERIZAÇÃO DAS FEIÇÕES GELO-ROCHA E GELEIRAS DE ROCHAS NOS MONTES PATRIOT – ANTÁRTICA OCIDENTAL

Rosemary VIEIRA¹

Sumirê HINATA²

Kátia Kellem da ROSA³

RESUMO

Em comparação com as geleiras típicas, as geleiras de rocha permanecem relativamente pouco descritas e estudadas. As pesquisas publicadas até o momento ainda discutem termos e definições e oferecem classificações generalizadas. Este trabalho tem por objetivo caracterizar e classificar as feições gelo-rocha e as geleiras de rocha existentes nos Montes Patriot, manto de gelo da Antártica Ocidental, e para tanto foram analisadas as amostras de sedimentos coletadas durante a expedição Deserto de Cristal, realizada entre novembro de 2008 a janeiro de 2009. Os principais resultados obtidos com a análise dos sedimentos apontaram clastos não selecionados - com predomínio de angulosos a muito angulosos na parte superior do manto de detritos, e nas camadas inferiores predominância de granulometria média a fina, resultante de percolação, meteorização e deslocamento da própria geleira de rocha - com superfície fosca, irregular e pouca esfericidade. Estas características comprovam o transporte passivo dos detritos e permitiram classificar as feições gelo-rocha em (a) geleira de rocha com movimento gradual em vertente, (b) geleira de rocha com formas abruptas em vertente e (c) corrente de seixos.

Palavras-chave: feições gelo-rocha, geleiras de rocha, Montes Patriot.

ABSTRACT

The rock glaciers remain relatively less described or studied if compared to typical glaciers. The researches published at present time still discuss terms, definitions and classification of rock glaciers. This paper aims to characterize and classify the rock-ice features and rock

1 Bolsista Pós-Doutorado CNPq/Pesquisadora Centro Polar e Climático. Doutora em Geografia. E-mail: rosenupac@yahoo.com.br.

2 Graduação em Geografia da UFRGS. E-mail: sumirehinata@gmail.com.

3 Doutoranda em Geografia da UFRGS. E-mail: katiakellem@yahoo.com.br.



glaciers and sediment samples collected in Patriot Hills, West Antarctica Ice Sheet, during the Crystal Desert Expedition, between the summer season November 2008 and January 2009. Analysis of sediment showed unselected, predominantly angular to very angular at the surface of mantle of debris, and the predominance of medium to fine grain size at lower layers resulting from percolation, weathering and displacement inherent processes on rock glacier. These characteristics prove the passive transport of debris by the rock glacier and allowed to classify the rock-ice features in (a) rock glacier with gradual slope movement, (b) rock glacier shaped into abrupt slope and (c) boulder streams.

Key-words: rock-ice features (RIF), rock glaciers, Patriot Hills.

1 INTRODUÇÃO

As geleiras de rocha e feições gelo-rocha demandam estudos detalhados sobre sua origem, caracterização, dinâmica e estágios evolutivos. Elas estão geralmente relacionadas a uma vasta gama de formas, classes e localização topográfica, apresentando também muitas feições intermediárias.

As geleiras de rochas fazem parte do grupo das feições gelo-rocha e são morfologicamente abundantes em muitas áreas de alta montanha, com baixas temperaturas, baixa umidade e abundância de material rochoso (HUMMEL, 1998; GIARDINO e VITEK, 1988); durante o último século foram identificadas em quase todas as cadeias montanhosas do mundo (BURGER *et al.*, 1999), desde regiões de elevadas latitudes às montanhas elevadas equatoriais (SERRANO *et al.* 2006). No interior do continente antártico estudos identificaram esse tipo de feição, além de algumas áreas da costa e das ilhas subantárticas (MAYEWSKI, 1979; MAYEWSKI E HASSINGER, 1980; SERRANO e LÓPEZ-MARTINEZ, 2000).

Geleiras de rocha localizam-se geralmente na base de vales rochosos com vertentes livres e com grande suprimento de material de talude (HAEBERLI, 1985; BARSCH, 1988). São formadas por detritos e gelo que se deslocam sob a influência da deformação plástica do gelo dentro da estrutura e da gravidade, em velocidades de decímetros a centímetros por ano. Mesmo possuindo velocidades ínfimas comparadas com as geleiras típicas, as geleiras de rochas se deslocam vertente ou vale abaixo em função da ação da gravidade, que é uma das responsáveis pelos processos de deformação interna. As geleiras de rocha apresentam, em geral, a forma de línguas ou de lobos e forte declividade em sua parte frontal. Normalmente apresentam cristas e sulcos, que ocorrem paralelamente (longitudinalmente) ou perpendicularmente (transversal ou em arco) à direção do movimento. Tais feições são importantes elementos de identificação visual em campo, fotos aéreas, imagens de satélite e de diferenciação de outras feições associadas de gelo-rocha.



Estudos geológicos e geomorfológicos são desenvolvidos na região dos montes Patriot, no manto de gelo da Antártica Ocidental, mas são raros os que se destinam à classificação das feições gelo-rocha e geleiras de rocha, justificando-se a importância desta pesquisa e publicação de resultados, especialmente em língua portuguesa.

Este trabalho foi realizado com base no referencial teórico de publicações científicas sobre as geleiras de rocha, bem como nas identificações e observações das feições, além da análise morfométrica de sedimentos coletados em atividades de campo, durante a Expedição Deserto de Cristal, realizada entre novembro de 2008 e janeiro de 2009 e desenvolvido pelo Centro Polar e Climático (CPC), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os montes Patriot localizam-se no extremo sul das montanhas Ellsworth, no manto de gelo da Antártica Ocidental. As montanhas Ellsworth são constituídas pela cadeia Sentinel ao norte e a cadeia Heritage ao sul, onde os montes Patriot estão inseridos, no extremo sul do vale da Ferradura (Figura 1).

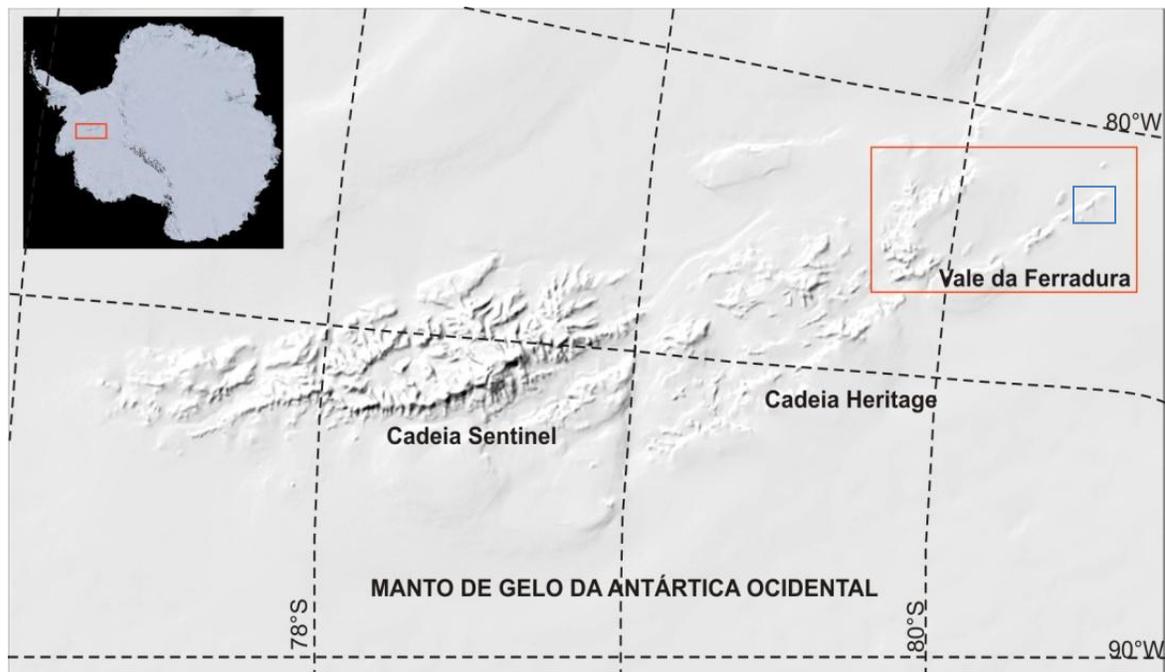


Figura 1. Área de estudo: Montanhas Ellsworth e localização dos montes Patriot, identificado pelo quadro azul (modificado do *Antarctica Digital Database*).

Os montes Patriot possuem aproximadamente 8.500 metros de extensão, dentro dos quais sete vales deglaciarizados e de orientação norte-nordeste estão distribuídos ao longo de 6.100 metros de extensão (VIEIRA e SIMÕES, comunicação pessoal).



A região é marcada por fortes ventos catabáticos ($> 30\text{m}^{\text{s}^{-1}}$; CARRASCO *et al.*, 2000) e por baixas taxas de acumulação ($\sim 50\text{ kg m}^{-2\text{a}^{-1}}$; CASASSA *et al.*, 1998).

As fases da história glacial pelas quais a região passou produziram um conjunto de formas e depósitos, muitos dos quais ainda não estão completamente compreendidos. Alguns trabalhos dividem em duas importantes fases: a primeira, que corresponde a glaciações de vale, possivelmente iniciada no Mesozóico Superior e Cenozóico Inferior, quando as montanhas Ellsworth formavam um arquipélago ou uma ilha. A segunda fase envolveu a glaciação continental que cobriu a área, deixando apenas os picos mais elevados expostos como *nunataks* (RUTFORD, 1972; RUTFORD *et al.*, 1980). Posteriormente, a região sofreu deglaciação com a diminuição parcial do nível do manto de gelo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas sete amostras da geleira de rocha em transecto longitudinal. As amostras foram coletadas com uma pá, em pequenas cavidades rasas até atingir a superfície do gelo, na quantidade superior a 100 gramas e postas em sacos plásticos, contendo o código de cada amostra. Em cada local de coleta foram tomados pontos de controle de GPS (altitude e coordenadas), fotografias com escala e descrição do ambiente de entorno.

Para a classificação das feições gelo-rocha encontradas, a classificação adotada foi de Millar e Westfall (2007), por ser mais compatível com o ambiente em questão. A compartimentação adotada seguiu a caracterização estruturada pelos autores e, dentre aquelas, as feições nos montes Patriot foram enquadradas conforme observação em campo.

As análises dos sedimentos foram realizadas no laboratório de sedimentologia do CECO (Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – UFRGS), para determinar a distribuição granulométrica e características morfoscópicas.

Os dados foram processados, usando o *software* Sisgram, obtendo-se assim a distribuição percentual das classes texturais dos sedimentos segundo a escala de Wentworth (1922). A classificação dos sedimentos foi realizada segundo Shepard (1954) e o grau de selecionamento de acordo com Folk e Ward (1957). Foram elaborados gráficos ternários para representar a distribuição granulométrica de cada amostra e histogramas para analisar se a distribuição é unimodal, bimodal ou multimodal.

Na análise morfoscópica foram obtidos dados sobre a textura superficial (arredondamento superficial), o grau de arredondamento (grau de curvatura das bordas) e da esfericidade. A forma do clasto foi definida pela dimensão relativa dos três eixos ortogonais, chamados “*a*” (maior), “*b*” (intermediário), e “*c*” (menor) (HUBBARD e GLASSER, 2005). Em laboratório foram mensurados, com paquímetro, os clastos com eixo *a* $> 20\text{ mm}$.



Os dados da forma dos clastos foram distribuídos em diagramas triangulares, colocando os raios dos três eixos ortogonais da partícula no programa *Grapher*. Esses dados fornecem informações a respeito da história de transporte e caracterização do ambiente deposicional (GRAHAM e MIDGLEY, 2000).

Adicionalmente, para reconstruir a história do transporte dos sedimentos glaciais pelas características dos clastos, foi utilizada a metodologia proposta por Benn e Ballantyne (1994), a qual é baseada na covariância entre a forma e o arredondamento do clasto. O índice RA (% dos clastos angulosos) foi correlacionado em relação ao índice C_{40} (% de clastos cujo eixo c/a é $< 0,4$). Esse método distingue os sedimentos transportados ativamente daqueles transportados passivamente pela geleira, além de quantificá-los, sendo assim, útil para discriminar ambientes glaciais (BENN e BALLANTYNE, 1994; BENNETT *et al.*, 1997).

Os resultados da medição dos eixos a , b e c dos clastos também foram distribuídos em diagramas triangulares, colocando os raios dos três eixos ortogonais da partícula no programa *Grapher*. Esses dados fornecem informações a respeito da história de transporte e caracterização do ambiente deposicional (GRAHAM e MIDGLEY, 2000).

Dados meteorológicos locais, como direção e intensidade do vento, foram obtidos com a *Antarctic Logistic Expeditions (ALE)*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Identificação de feições de gelo-rocha e geleira de rocha

A geomorfologia glacial nos montes Patriot é marcada pela presença de diversos tipos de morainas, linhas de cume cobertas por gelo ou expostas, geleiras de rocha e vertentes cobertas por detritos (Figura 2).

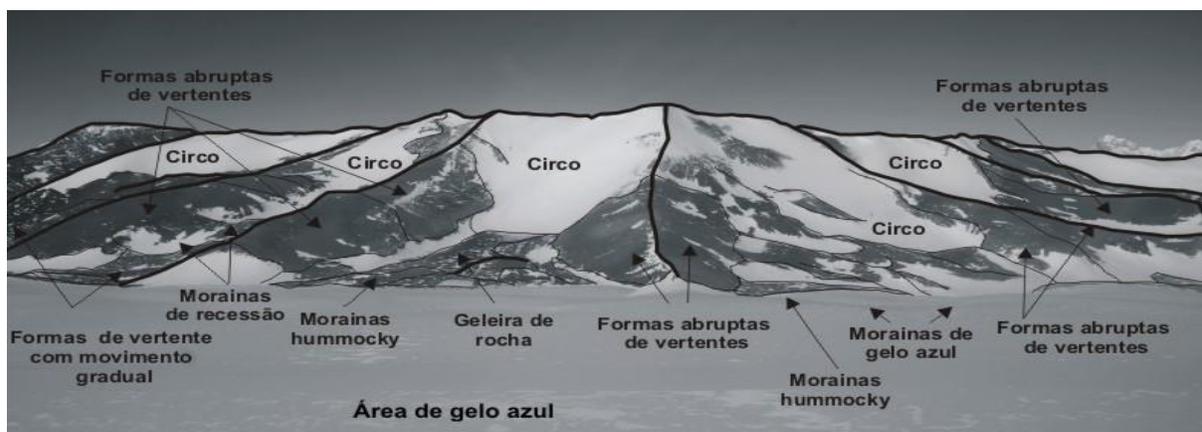


Figura 2. Montes Patriot. Identificação das principais feições morfológicas.



Nessas áreas, devido à irregularidade das formas, parte do gelo fica exposta principalmente em seus flancos laterais. Foi observada atividade de fusão em alguns pontos de contato entre a neve e o gelo com rochas ou fragmentos de rocha devido à maior absorção por parte destes da radiação solar.

Geleiras de rocha foram identificadas em campo, nos vales dos montes Patriot por meio de suas formas lobadas, com as partes frontais e laterais abruptas e a parte superior relativamente plana (Figura 4a-d).

A geleira de rocha de corpo mais alongado desenvolve-se na base da zona de circo com vertentes mais inclinadas nas partes mais elevadas, com gradual diminuição da inclinação à medida que se aproxima da cabeceira da geleira de rocha (Figura 4a).

O corpo da geleira desenvolve-se no setor leste do vale e possui aproximadamente 450 m de extensão, e pode ser encontrado no vale com maior extensão longitudinal dos montes Patriot. A geleira de rocha é marcada fortemente pela presença de cristas e frente abrupta, com cobertura de detritos poucos selecionados e cimentados pelo gelo. Superficialmente, o gelo é raramente visível excepcionalmente em alguns pontos de fusão expostos (Figura 4c, f).

A parte frontal abrupta da geleira de rocha se comunica com um sistema de morainas com núcleo de gelo (*ice-core moraines*), que corresponde em seu conjunto a morainas do tipo *hummocky*. Tais feições são resultado de um processo genético distinto associado possivelmente a ablação diferencial; estas possuem o interior de gelo, pois a cobertura de detritos superficial retarda a fusão. As morainas *hummocky* encontram-se junto à zona de gelo azul e são intercaladas com feições conhecidas como poças congeladas (*frozen polls*) (Figura 4b, e).

As feições gelo-rocha identificadas nos montes Patriot podem ser classificadas em: (a) formas que apresentam movimento gradual em vertente; (b) formas abruptas em vertentes; (c) corrente de seixos. Algumas das formas são caracterizadas por partes frontais e/ou partes laterais abruptas comparadas a outras vertentes (Figura 5a-d).

(a) Formas de vertentes com movimento gradual foram identificadas na maioria dos vales nos montes Patriot (Figura 5a). Ocorrem nas paredes dos vales e em outras vertentes de gradiente diversos gradientes, podendo ser vistas tanto na vertente inteira como em pequenas áreas. Embora não seja observado nenhum tipo de fluxo líquido, a deformação dessas aponta para movimentos graduais, porém irregulares ao longo da encosta. No entanto, nessa latitude não há umidade nas camadas subsuperficiais. Portanto, outros agentes podem desencadear o movimento dos detritos nessas vertentes. O vento parece exercer importante papel. Ventos fortes e constantes, originários do platô polar (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) operam durante todo ano ao longo do eixo longitudinal dos vales dos montes



Patriot e são responsáveis pelo processo predominante de ablação local por sublimação. A localização dessas feições é verificada geralmente nas partes dos vales por onde o vento catabático escoou, vindo do platô polar (Figura 3).

(b) As formas abruptas de vertentes ocorrem preferencialmente sobre as paredes laterais que separam os vales longitudinais dos montes Patriot. Apesar de ocuparem encostas com elevado gradiente, não foram observadas deformações indicativas de movimentos (Figura 5b-c e Figura 3).

Em outras áreas montanhosas, também localizadas no interior da Antártica, estudos sugerem que os movimentos em encostas resultam da contração do gelo em subsuperfície (FORD e ANDERSEN, 1967 *apud* BOCKHEIM e HALL, 2002).

(c) As correntes de seixos são encontradas em algumas das paredes laterais dos vales dos montes Patriot onde há disponibilidade de material intemperizado (seixos e cascalhos) (Figura 5d).

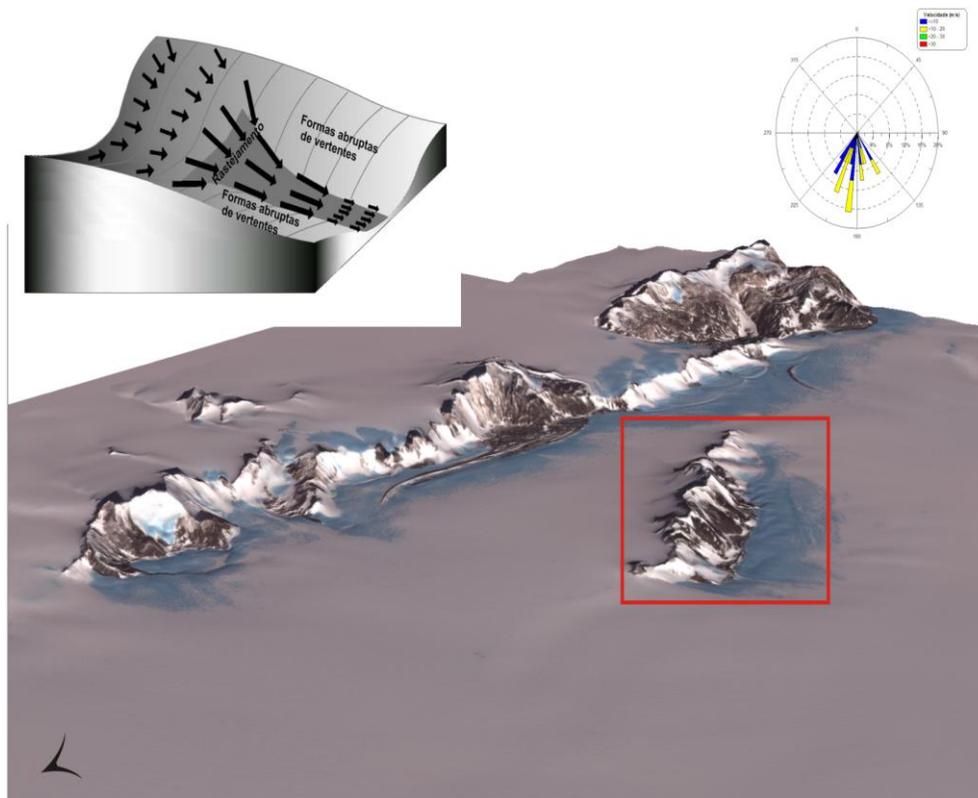


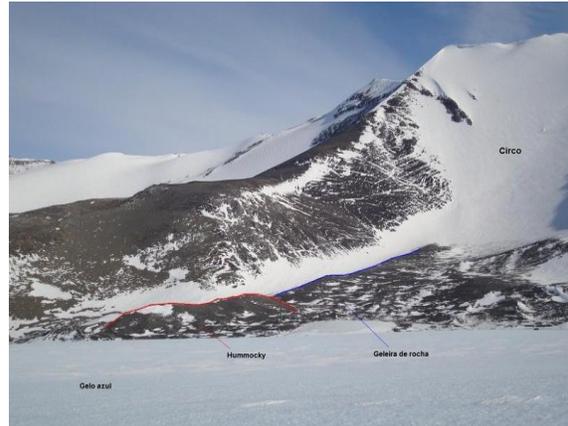
Figura 3. Visualização em 3D do setor mais meridional das montanhas Ellsworth e dos montes Patriot (retângulo vermelho). Diagrama (canto superior esquerdo)



representa o deslocamento dos ventos pelos vales, predominantes de sul e oriundos do platô polar (gráfico rose – canto superior direito).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 4 - (a) geleira de rocha de anfiteatro; (b) zona de contato entre a geleira de rocha e a moraina *hummocky*; (c) geleira de rocha e moraina com núcleo de gelo; (d) geleira de rocha de anfiteatro; (e) sulcos e cristas em contato com poças congeladas (*frozen pools*) e gelo azul; (f) ponto de coleta de sedimentos sobre a geleira de rocha. (Fotos: Rosemary Vieira, CPC - 2008/2009.)



(a)



(b)



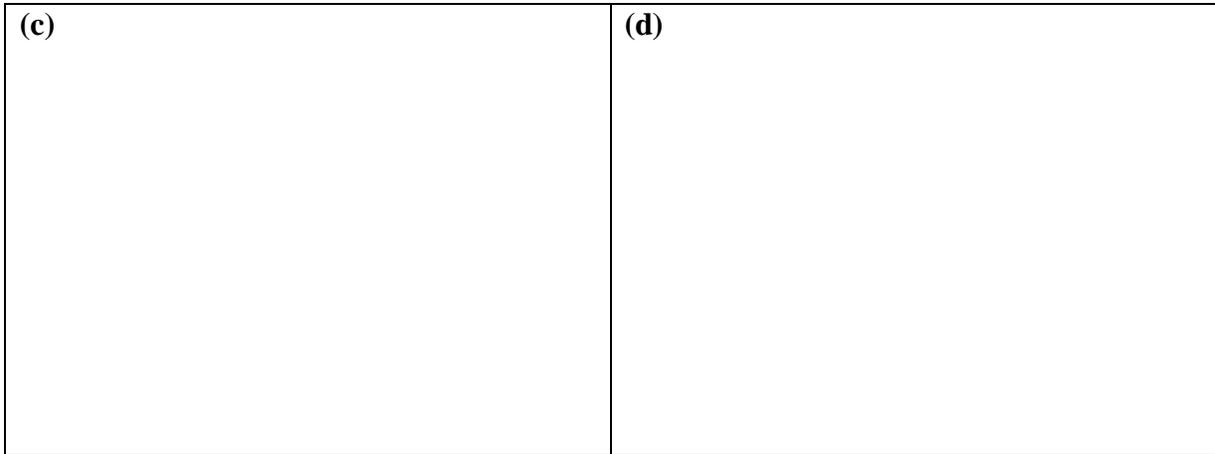
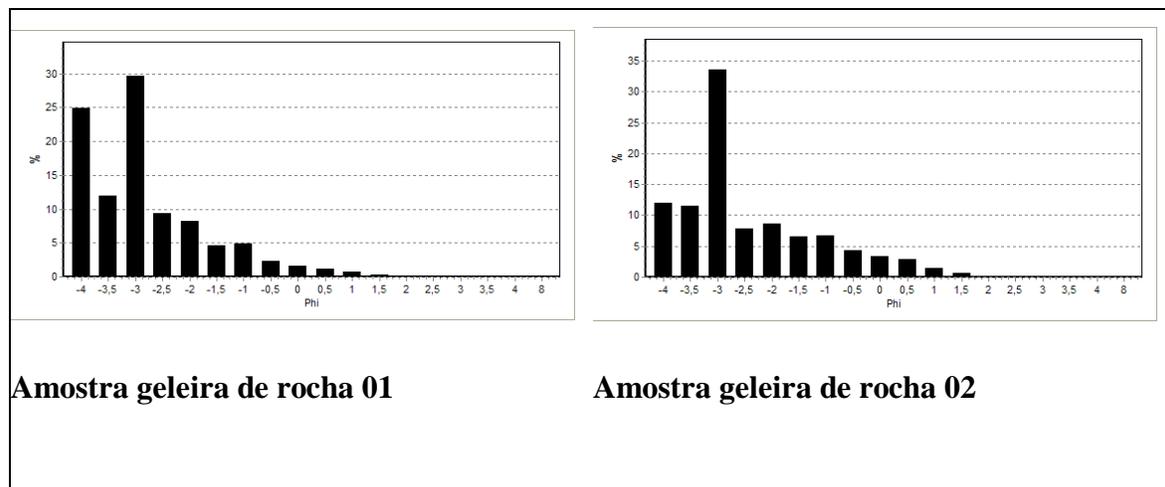


Figura 5. Feições gelo-rocha nos montes Patriot: (a) rastejamento; (b) vertente abrupta; (c) vertente abrupta; (d) corrente de seixos. (Fotos: Rosemary Vieira, CPC - 2008/2009.)

4.2 Geleira de rocha – análise morfoscópica

As amostras foram coletadas em 7 pontos diferentes nos montes Patriot e distribuídas entre 18 classes de sedimentos adotando a escala ϕ .

O manto de detritos na superfície da geleira de rocha possui clastos não selecionados, predominando os angulosos e muito angulosos. O resultado dos histogramas apresenta amostras bimodais e multimodais, predominando sedimentos do tipo seixo (> -2) seguido de grânulos (> -1) e areia muito grossa (> 0). O tamanho dos sedimentos reflete a baixa taxa de transporte dos mesmos e a ausência de processos erosivos pela ação glacial (Figura 6).



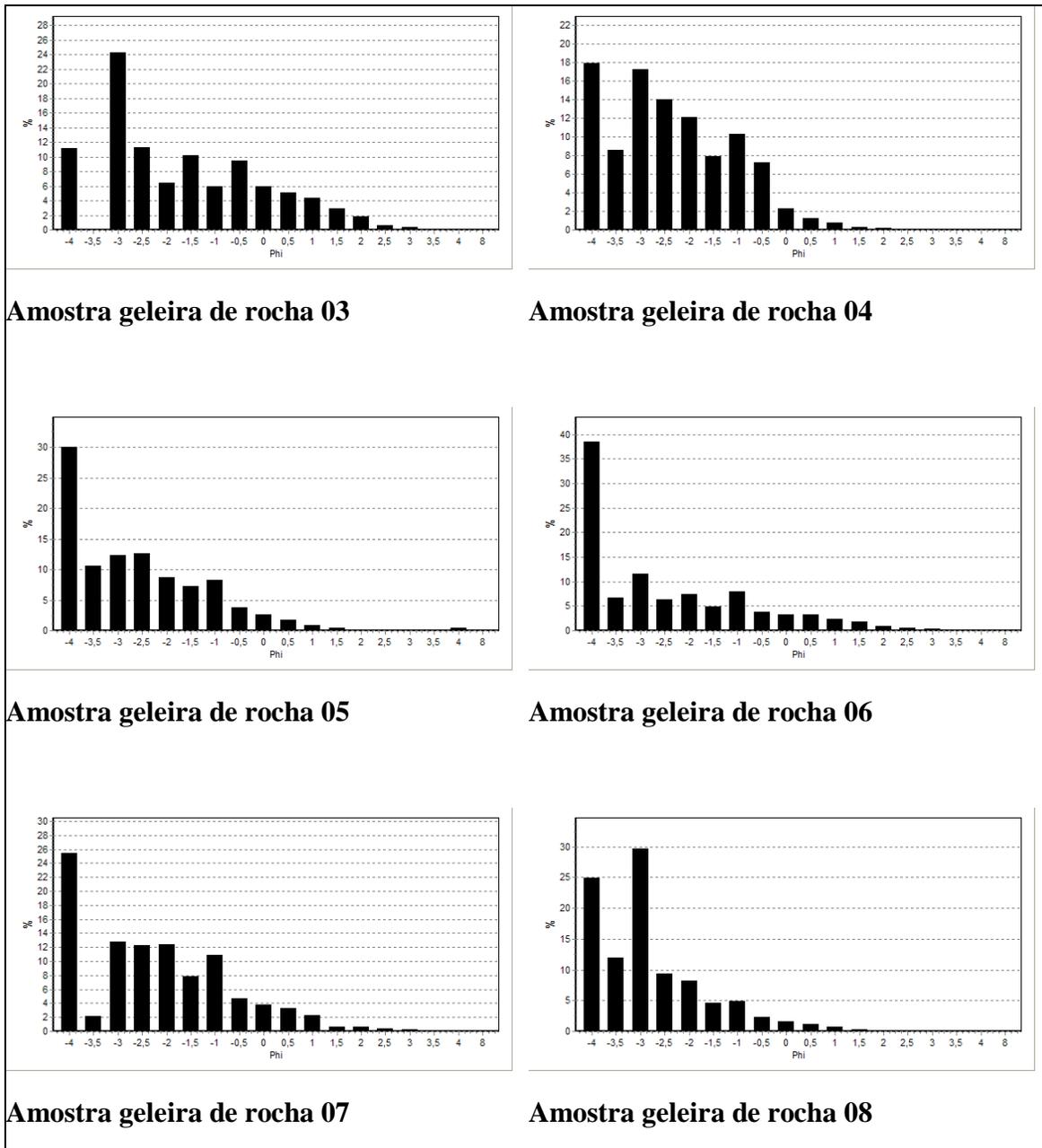


Figura 6 - Histogramas de análise granulométrica.

Nas camadas inferiores já podem ser observados clastos de granulometria média a fina, devido possivelmente à percolação e meteorização por eventuais eventos de fusão ou pelo próprio movimento da geleira de rocha (Figura 4f). A cobertura de detritos varia de 6 cm na parte mais interna a 13 cm de espessura na sua parte frontal. Tal aumento da espessura superficial de detritos em direção a parte frontal pode ser explicado pelo rastejamento



superficial em relação ao núcleo de gelo provocado pelo lento deslocamento da geleira de rocha.

A amostra apresentou predominância de grãos subangulares, característicos da recente fragmentação dos detritos, e que não sofreu esfoliação suficiente pela ação do intemperismo físico característico da ação do gelo.

Em relação à textura das amostras dos montes Patriot, predominam os grãos sacaróides, com superfícies irregulares e arestas agudas, caracterizando a amostra como unimodal. Os grãos apresentaram superfície fosca, resultante da ausência de transporte ativo em que o agente tenha sido a água ou gelo.

De acordo com a esfericidade, a amostra bimodal indica esfericidade predominantemente pobre seguida de média, mais uma característica que atesta a ausência de transporte ativo dos sedimentos.

O alto índice RA das sete amostras, apresentados nos gráficos, indica baixo grau de arredondamento dos grãos, predominando os clastos angulosos. Os resultados mostram que a maioria dos grãos possui raio c/a menor que 0,4 (índice C_{40}), o que indica o transporte passivo dos detritos (

Figura 7).

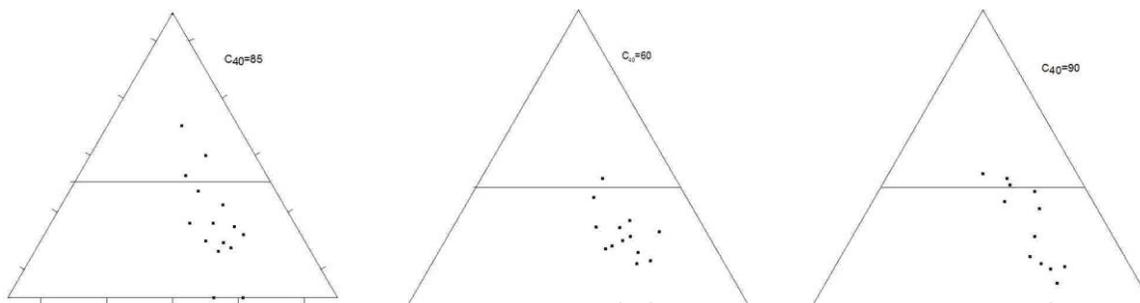


Figura 7 - Gráficos ternários das amostras das geleiras de rocha 01, 02 e 03.

Não existem dados sobre a velocidade de gelo da geleira de rocha, mas características morfológicas e sedimentares, tais como frente abrupta, sulcos, sedimentos finos subjacentes às camadas superficiais de detritos grossos e a maior espessura de detritos da parte frontal, apontam para a atividade da geleira, ainda que a velocidade possa ser baixa.



Tipicamente, as geleiras de rocha ativas consistem de material não selecionado na superfície e de material mais fino na parte inferior. A espessura da camada de detritos aumenta em direção à parte frontal da geleira de rocha, pois o material é continuamente adicionado à base do *till* de sublimação oriundo das paredes rochosas do vale (HUMLUM, 2000). As geleiras de rocha nos montes Patriot apresentam essas características. No entanto, morainas de núcleos de gelo (morainas *hummocky*) ocorrem em proximidade com a geleira de rocha, especialmente em sua parte frontal, onde o contato muito próximo parece indicar a gradação de uma forma para outra, podendo restringir assim o avanço da geleira de rocha (Figura 4b). Portanto, o deslizamento basal da geleira de rocha pode ser ínfimo nas temperaturas baixas dos montes Patriot. Em outro setor da Antártica, conhecido como Vales Secos (*Dry Valleys*), foi calculada a velocidade de 0,15-0,30 mm/ano, mediante o uso de imagens de radar (RIGNOT *et al.*, 2002).

5 CONCLUSÃO

Apesar dos fatores climáticos exercerem influência sobre a formação e distribuição das geleiras de rochas e de outras feições gelo-rocha, em áreas onde não há variações climáticas significativas, como no interior da Antártica, fatores locais, como a morfologia do vale e a topografia também podem atuar como controladores no desenvolvimento e manutenção dessas formas.

Os resultados obtidos através das amostras de sedimentos confirmam a atividade da geleira de rocha e seu movimento passivo, ainda que ínfimo.

É proposto que condições topográficas relacionadas a fatores climáticos influenciam, na região dos montes Patriot, a presença, a distribuição espacial e a classificação das diversas feições gelo-rocha e das geleiras de rocha. Os ventos oriundos dos quadrantes sudoeste-sudeste atuam intensa e constantemente sobre a área, produzindo ablação por sublimação. No entanto, a presença dos montes Patriot e sua configuração topográfica, subdividida em diversos vales, criaram condições favoráveis ao desenvolvimento e preservação de um conjunto de feições, que podem ser importantes no entendimento da complexa história glacial da região.

6 REFERÊNCIAS

BALLANTYNE, C.K., HARRIS, C., 1994. **The Periglaciation of Great Britain**. Cambridge University Press, Cambridge, 330p.

BARSCH, D., 1988. Rockglaciers. In: Clark, M.J. (Ed), **Advances in Periglacial Geomorphology**. Wiley, p. 69-90.



BENN D.I., BALLANTYNE, C.K., 1994. Reconstructing the transport history of glaciogenic sediments – a new approach based on the covariance of clast form indices. **Sedimentary Geology** 91 (1-4), p. 215-227.

BOCKHEIM, J.G., HALL, K.J., 2002. Permafrost, active-layer dynamics and periglacial environments of continental Antarctica. **South African Journal of Science**, 98, p. 83-90.

BURGER, K.C., DEGENHARDT Jr., J.J., GIARDINO, J.R., 1999. Engineering geomorphology of rock glaciers. **Geomorphology**, 31, p. 93-132.

CARRASCO, J.F., CASASSA, G., RIVERA, A., 2000. A warm event at Patriot Hills, Antarctica: an ENSO related phenomenon? *in* Carrasco, J.F., Casassa, G. e Rivera, A. (eds). Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 3-7 April, 2000, Santiago, Chile. Proceedings. Boston, **American Meteorological Society**, 240-241.

CASASSA, G., BRECHER, H.H., CÁRDENAS, C., RIVERA, A., 1998. Mass balance of the Antarctic ice sheet at Patriot Hills. **Annals of Glaciology**, 27, 130-134.

FOLK, R.L., WARD, W.C., 1957. Petrol Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal Sedimentology**, 3 (27), p. 3-26.

GIARDINO, J.R., VITEK, J.D., 1988. The significance of rock glaciers in the glacial-periglacial landscape continuum. *Journal of Quaternary Science*, 3, p. 97-103.

GRAHAM, D.J., MIDGLEY, N.G., 2000. Graphical representation of particle shape using triangular diagrams: an excel spreadsheet method. **Earth Surface Processes and Landforms**, 25, p.1473-1477.

HAEBERLI, W., 1985. Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers: Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, **Hydrologie und Glaziologie**, Nr. 77, Zurich, 142 p.



HUBBARD, B., GLASSER, N., 2005. **Field Techniques in glaciology and glacial geomorphology**. Londres, John Wiley & Sons Ltd, 400 p.

HUMLUM, O., 1998. The climatic significance of rock glaciers. **Permafrost and Periglacial Processes**, 9, p.375-395.

HUMLUM, O., 2000. The Geomorphic Significance of Rock Glaciers: estimates of rock glacier debris volumes and headwall recession rates in W Greenland. **Geomorphology**, 35, p.41-67.

MAYEWSKI, P.A., 1979. Glaciology and glacio-geomorphology in Victoria Land and Queen Mound Mountains. **Antarctic Journal of the United States**, 14, 53.

MAYEWSKI, P.A., HASSINGER, J., 1980. Characteristics and significance of rock glaciers in southern Victoria Land. **Antarctic Journal of the United States**. 15, 68-69.

MILLAR, C.I., WESTFALL, R.D., 2007. Rock glaciers and related periglacial landforms in the Sierra Nevada, CA, USA; inventory, distribution and climatic relationships. **Quaternary International** 188, p. 90-104.

RIGNOT, E., HALLET, B., FOUNTAIN, A., 2002. Rock glacier surface motion in Beacon Valley, Antarctica, from synthetic-aperture radar interferometry. **Geophysical Research Letters**, 29, art. no. 1607.

RUTFORD, R.H., 1972. Drainage system of the Ellsworth Mountains area, *in* Adie, R.J (ed). **Antarctic Geology and Geophysics**: Oslo, Universitetsforlaget, 233.

RUTFORD, R.H., DENTON, G.H., ANDERSON, B.G., 1980. Glacial history of the Ellsworth Mountains: Antarctic **Journal of the United States**, v. 15, 56-57.



SERRANO, E., SAN JOSÉ, J.J., AGUDO, C., 2006. Rock glacier dynamics in a marginal periglacial high mountain environment: Flow, movement (1991-2000) and structure of the Argualas rock glacier, the Pyrenees. **Geomorphology**, 74, p. 285-296.

SERRANO, E., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., 2000. Rock glaciers in the South Shetland Islands, Western Antarctica. **Geomorphology**, 35 A (1-2), 145-162.

SHEPARD, F.P., 1954. Petrol Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Research**, 24 (3), p. 151-158.

WENTWORTH, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, 30, p. 377-392.