



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## GEOMORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DOS MONTES PATRIOT E DA GELEIRA UNION, MONTANHAS ELLSWORTH, ANTÁRTICA OCIDENTAL

Vanessa do Couto Silva Costa <sup>(a)</sup>, Rosemary Vieira <sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, vanessacosta@id.uff.br

<sup>(b)</sup> Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, rosemaryvieira@id.uff.br

**Eixo: Geocronologia, estudos paleoambientais e mudanças globais**

### Resumo

Este trabalho teve o objetivo de comparar dados geomorfológicos e sedimentológicos de diferentes tipos de morainas situadas nos montes Independence e na geleira Union, da cadeia de montanhas Ellsworth, Antártica Ocidental. O trabalho foi realizado durante duas expedições brasileiras (2008/2009 e 2011/2012). O material analisado corresponde a parte do manto de gelo azul que recobre parte desta área. A metodologia incluiu coleta de sedimentos, classificação granulométrica e morfoscópica; emprego de técnicas de sensoriamento remoto na classificação das formas e feições de relevo. Os sedimentos dos montes Patriot sugerem ter origem de regiões mais distantes que os sedimentos das morainas da geleira Union, com clastos angulares e subangulares e mais selecionados. Portanto, os sedimentos morânicos destas regiões possuem características suficientes para distinguirem distintos ambientes climáticos ocorridos nas duas áreas.

**Palavras chave:** Geomorfologia, Sedimentologia, Antártica Ocidental



GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## 1. Introdução

As variações do manto de gelo da Antártica Ocidental ao longo do Quaternário deixaram expostos diferentes conjuntos de depósitos de materiais resultantes de processos erosivos e de transporte ocorridos no manto de gelo. O resultado foi a formação nesta área de diferentes tipos de morainas oriundas de distintos processos geomorfológicos e glaciológicos

As áreas estudadas, os montes Patriot e a geleira Union, ambos localizados na cadeia Heritage, Montanhas Ellsworth, se destacam pela presença das superfícies de gelo azul, no qual correspondem a menos de 1% da Antártica (BINTANJA, 1999). Este ocorre devido a supressão de oxigênio no gelo após sofrer altas pressões de camadas de gelo subjacentes (SIMÕES, 2004). O gelo azul na região das montanhas Ellsworth é exposto pela ablação de neve e gelo pelos ventos catabáticos de origem do interior do platô polar, juntamente com feições de sedimentos, como as morainas (FOGWILL et al., 2011). Morainas são definidas por Simões (2004) como: “Cristas ou depósitos de fragmentos de rochas transportados pela geleira”, sendo assim uma feição exclusivamente glacial. Estas feições marcam antigas margens de geleiras e podem explicar ciclos históricos de expansão e retração (BENN e EVANS, 2010).

Através de estudos geomorfológicos e análises sedimentológicas é possível inferir as dinâmicas de erosão, transporte e deposição dos sedimentos que compõem as morainas e apresentar contribuições sobre a dinâmica do manto de gelo nessa área.

## 2. Materiais e Métodos

Foram coletadas amostras de sedimentos na superfície das morainas em duas áreas: montes Patriot (80°25’S – 81°33’O) e geleira Union (79°45’S – 82°30’O) (Figura 1) em duas expedições ao interior do manto de gelo da Antártica Ocidental (Deserto de Cristal - 2008/09 e Criosfera - 2011/12). As amostras foram coletadas em pequenas cavidades, a fim de evitar o material meteorizado da superfície, na quantidade de 100 gramas e postas em sacos plásticos, contendo o código de cada amostra.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

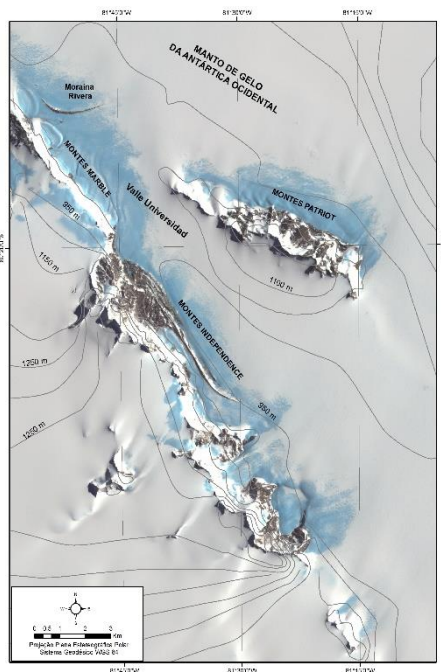
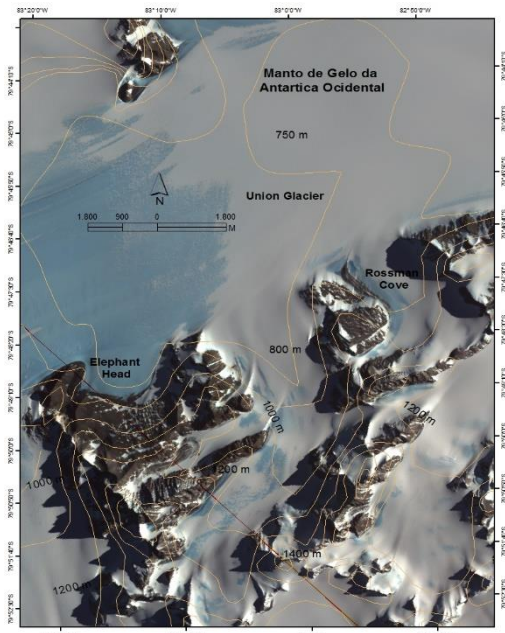
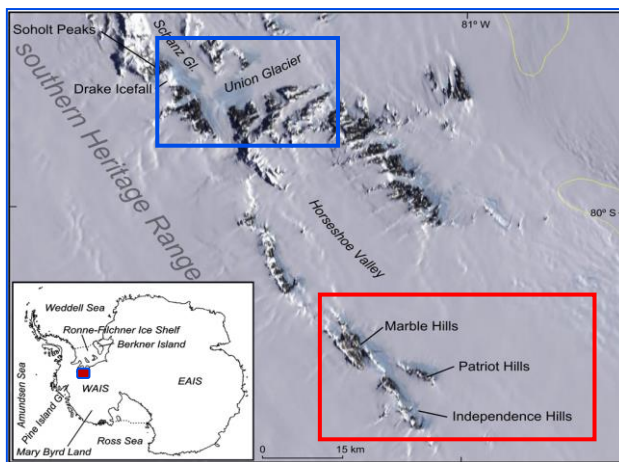


Figura 1- Localização da parte meridional das montanhas Ellsworth (a). A área que envolve os montes Patriot, Independence e Marble (quadrado vermelho) foi pesquisada durante a Expedição Deserto de Cristal (2008/2009) (b). A área da geleira Union (quadrado azul) foi analisada na Expedição Criosfera no verão 2011/2012 (c).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Em cada local de coleta foram realizados pontos de controle de GPS (altitude e coordenadas, com margem de erro de 3 metros), fotografia com escala e observação do ambiente (orientação, tamanho do depósito, matriz). Também foram coletados 50 clastos por amostra, com eixo maior > 20 mm para análise morfométrica.

Destinou-se determinar as distribuições granulométricas e análise morfoscópica das referidas amostras. Tais procedimentos possibilitam traçar a trajetória do material coletado, ou seja, as etapas correspondentes a erosão, transporte e deposição.

## 2.1. Sensoriamento remoto

Imagens de satélite foram utilizadas para a localização e identificação das áreas de amostragem e de feições durante os trabalhos de campo (Tabela I). Também foram utilizadas imagens do sensor para a identificação das feições erosivas e deposicionais mais marcantes, sobretudo as morainas.

Tabela 1- Configurações dos sensores utilizados para identificação de feições geomorfológicas nas áreas de estudo

Sensor	Resolução espacial	Resolução espectral	Sistema de coordenadas	Bandas utilizadas	Ano
ASTER	15m	0,53 ~ 11,65 $\mu$ m	Polar estereográfica WGS84.	Bandas 1~3	2004
ASTER	15m	0,53 ~ 11,65 $\mu$ m	Polar estereográfica WGS84.	Bandas 1~3	2006
ASTER	15m	0,53 ~ 11,65 $\mu$ m	Polar estereográfica WGS84.	Bandas 1~3	2007

## 2.2. Análise granulométrica

A distribuição do tamanho das partículas de cada amostra foi determinada em laboratório por peneiramento a seco com intervalos em phi, de  $-3\phi$  a  $4\phi$  (8 mm a 0,063 mm) segundo SHEPARD (1954) e representados através do programa Gradistat, incluindo a média, grau de seleção e assimetria para a distribuição granulométrica e utilizando o método de FOLK



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

e WARD (1957) para a distribuição de cascalhos, areia e silte. Os dados foram processados com o software Grapher para produção de gráficos em escala logarítmica de  $\phi$  ( $\Phi$ ).

### 2.3. Análise morfoscópica

As análises foram realizadas com 50 clastos de cada amostra com eixo maior que 20 mm. O tamanho relativo dos três eixos ortogonais, a (menor), b (médio) e c (maior), foi mensurado com caliper digital. Para a análise de arredondamento dos clastos (tamanhos de 2 a 8mm) foi utilizada lupa binocular através da tabela de comparação de KRUMBEIN (1941). Também foi observada a existência de estrias e polimento. Utilizou-se o critério descritivo para ambientes glaciais de BENN e BALLANTINE (1994), modificado de POWERS (1953), clastos com superfície lisa e fosca possuem maior chance de apresentar estrias e sulcos, que podem ser fruto de ação glacial.

Em adição, a análise de co-variância do índice C40 (% de clastos com eixo  $c/a \leq 0,4$ ) foi aplicados de acordo com o método proposto por BENN E BALLANTYNE (1994). Clastos que apresentam feições de placas ou bastão são mais prováveis de ter valores  $C40 \leq 0.4$  do que os clastos que apresentam feições cúbicas (ADAM e KNIGHT, 2003). Esse método distingue os sedimentos que foram transportados ativamente daqueles que o foram de forma passiva pela geleira (BENN e BALLANTYNE, 1994; BENNETT et al., 1997).

### 3. Resultados e discussões

Três tipos principais de morainas foram identificados: morainas com núcleo de gelo, morainas supraglaciais e morainas de recessão, esta última no interior dos vales. Duas feições importantes foram identificadas sobre as formações rochosas de Rossman Cove, localizados a 40-50 m acima da superfície do gelo. Estrias, sulcos e “chaleiras” (pot holes) revelam abrasão pelas geleiras em diferentes períodos. Vários deles apresentam sinais visíveis de oxidação de coloração avermelhada. Essas marcas revelam um exemplo típico de abrasão glacial sob geleiras de base termal úmida (SUGDEN et al., 2017).





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Foi identificada a feição *stoss and lee*, produzida sobre a rocha glacial com a face suave voltada para a geleira (montante) e a face escavada a jusante. A superfície desse afloramento possui cobertura de material intemperizado sem, no entanto, apresentar cobertura de till. As feições *stoss and lee* são evidências da ação erosiva do gelo mais espesso e elevado que cobria a topografia local. Esta evidência também é confirmada pela presença de gelo glacial nas partes elevadas de alguns vales transversais da região e por depósitos morânicos acima de 50 metros da superfície do gelo. Segundo Denton et al. (1992), a distribuição da trimline como delimitação das antigas coberturas de gelo somente nos picos mais elevados indica que as regiões da cadeia Heritage foram cobertas pelo manto de gelo. Posteriores balanços de massa negativo rebaixaram a superfície do manto nestas áreas.

Outras feições identificadas que evidenciam um momento distinto da história climática da região são as *ripple marks*. Estas feições marcadas por ondulações se encontram em blocos de arenito e são intercaladas com quartzitos.

Feições deposicionais são encontradas em Rossman Cove, Elephant Head e na geleira Union, onde predominam as morainas supraglaciais com núcleo de gelo. Com exceção do vale Elephant Head, onde foram observadas e analisadas as morainas de recessão, as outras formações morânicas se desenvolvem nas áreas de gelo azul.

Morainas extensas, elevadas e com núcleo de gelo se formam às margens da geleira Union, junto às vertentes e na entrada do vale Elephant Head, onde predominam em sua superfície cascalhos e matacões. A moraina torna-se mais espessa em direção ao interior do vale, o que pode se inferir a contribuição de outros agentes, como a atividade de vertentes.

Uma moraina extensa e estreita de aproximadamente 2,35 km é encontrada no centro da geleira Union, mas sua altura não ultrapassa 1 metro. O material sedimentar varia em sua composição granulométrica de areia, cascalhos a matacões.

Existem diferenças marcantes entre os montes Patriot a área da geleira Union, com respeito às formações deposicionais e erosivas. Não existem feições erosivas em larga escala



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

na primeira área que indiquem uma espessura maior do manto de gelo, ainda que tenham sido identificadas por outros estudos rochas moutonné no setor norte dos montes Patriot (SUGDEN et al., 2017), e que dentro dos vales as morainas de recessão testemunhem a ocupação de geleiras nestas áreas (VIEIRA et al., 2012). Portanto, ainda que menos expressiva do que na área da geleira Union, existem evidências da ação de geleiras de base termal úmida, como a presença de estrias em blocos rochosos (Tabela 2).

Tabela 2- Tabela comparativa de feições dos Montes Patriot e Independence e a Geleira Union

Feições	Montes Patriot	Montes Independence	Geleira Union
Estrias			
Marmitas	Não identificado	Não identificado	
Stoss and lee	Não identificado	Não identificado	









XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Morainas de gelo azul			Não identificado
Morainas supraglaciais			
Morainas de recessão		Não identificado	
Atividade de vertentes			
Ripple mark (ondulações)	Não identificadas	Não identificadas	

A cobertura de detritos sobre as morainas supraglaciais nas duas áreas estudadas possui em média espessuras menores que 0,5 m. A granulometria varia de areia grossa a seixos (Figura 2). Com predominância de seixos ( $\geq 32\text{mm}$ ), seguido por cascalhos ( $\geq 1\text{mm}$ ) e areia muito grossa ( $\geq 1\text{mm}$ ).





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

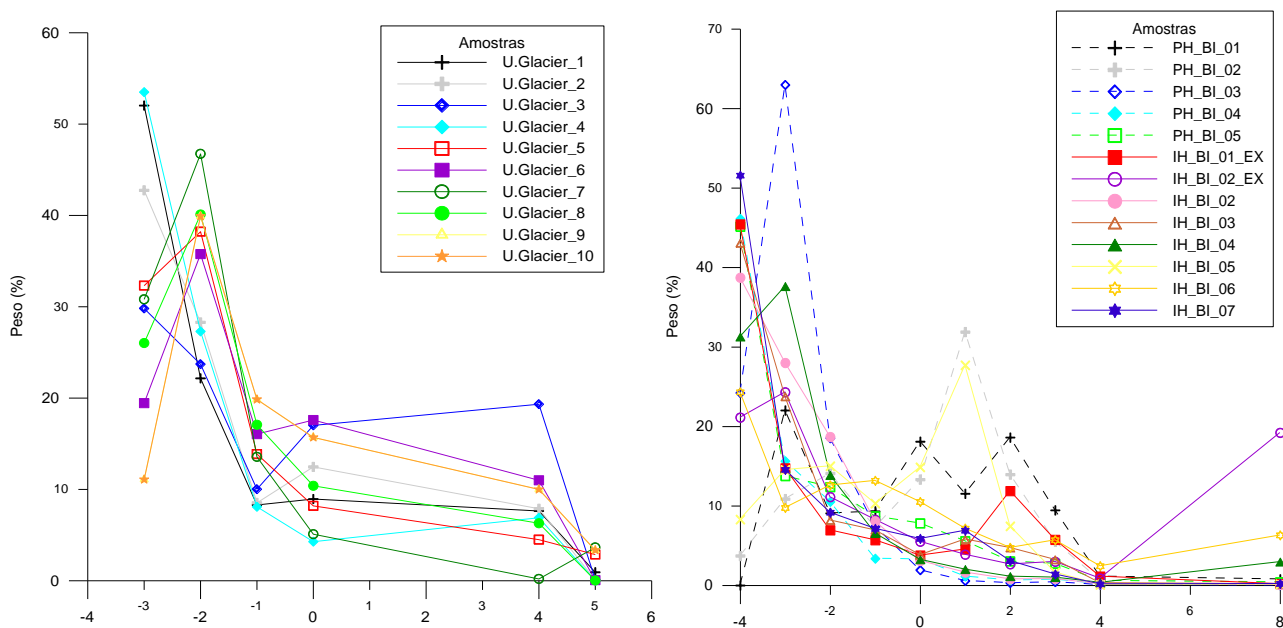


Figura 2- Granulometria das amostras coletadas nas áreas de gelo azul. Phi equivalente ao peso do total de cada amostra.

Quanto às características morfométricas dos grãos (2 - 8mm) das morainas coletadas na geleira Union, foram classificadas em grande parte como subarredondados e com média esfericidade. Vários clastos foram identificados com micro estrias. Por outro lado, os clastos maiores (> 1.5cm) são mais angulares para subangulares.

Nos montes Patriot a distribuição do tamanho das partículas das amostras coletadas nas morainas de gelo-azul apresenta poucas variações, com o predomínio de cascalho, que compreende de 30 a 96% das amostras. Areias muito grossas compreendem de 4 a 70%. O conteúdo de material mais fino não alcança 1% das amostras. A região está sujeita à ação dos fortes ventos catabáticos favorecendo, portanto, a concentração de cascalhos e de outros materiais de granulometria mais grossa. As amostras variam de pobremente selecionado a bem selecionado. O grau de arredondamento apresenta elevadas proporções de clastos angulosos e subangulosos, sendo este último o predominante em todas as amostras. Não foram observadas



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

estrias. As amostras apresentaram um elevado índice C40 exceto a amostra PHBI-4 (Figura 3), o que infere pouca modificação dos sedimentos durante seu transporte.

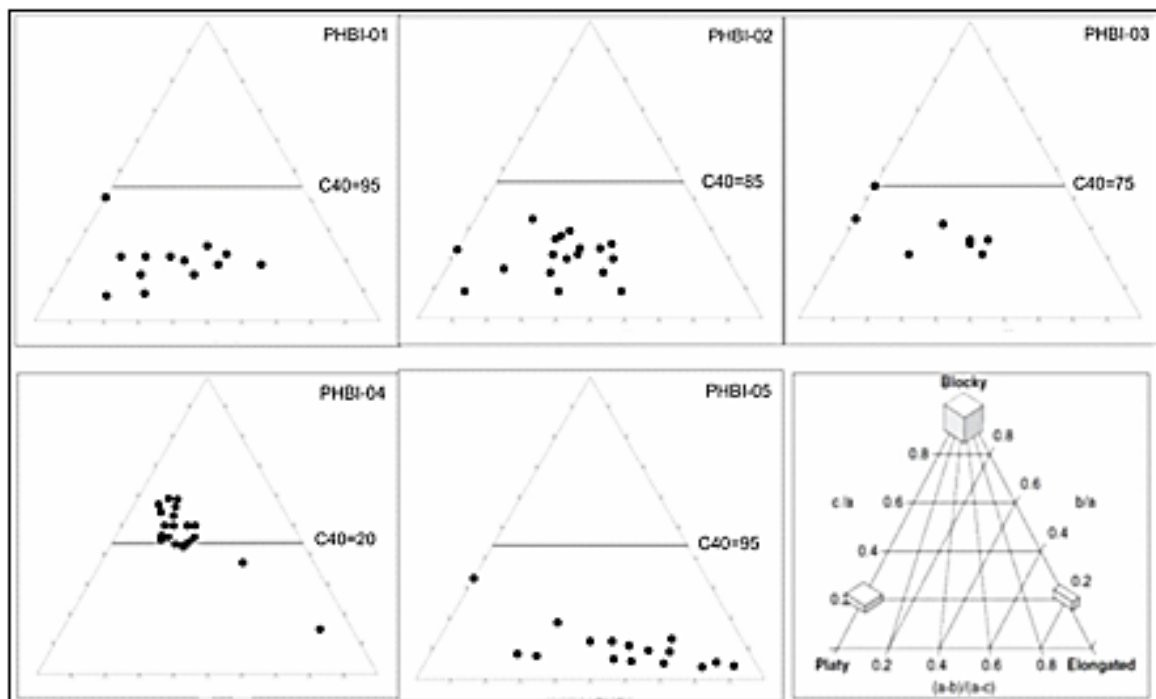


Figura 3- Gráficos ternários de morfoscopia dos sedimentos com índice C40 (% de clastos com eixo  $c/a \leq 0,4$ )

#### 4. Considerações finais

As dinâmicas geomorfológicas e sedimentares da geleira Union e dos montes Patriot apresentam características e dinâmicas ambientais distintas, embora as regiões estejam apenas a uma distância de aproximadamente 70 km e possuam balanço de massa de gelo igualmente em equilíbrio.

Através do índice  $C_{40}$  dos sedimentos foi possível diferenciar o transporte local na área da geleira Union do transporte englacial e alóctone nos montes Patriot e Independence. A geomorfologia e a sedimentologia da área da geleira Union mostram feições erosionais e deposicionais originadas em condições de espessura maior do manto de gelo que cobriu a área



**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

no passado, e a posterior fase de diminuição do manto de gelo. É interpretado que as feições erosivas foram produzidas por condições termo-basais úmidas, como resultado de manto de gelo mais espesso nesta área. As morainas supraglaciais seriam feições relictas da diminuição da espessura, mas com processos atuais de aporte de sedimentos desde as ladeiras locais.

## 5. Referências Bibliográficas

ADAM, W.G.; KNIGHT, P.G. Identification of basal layer debris in ice-marginal moraines, Russell Glacier, West Greenland. **Quaternary Science Reviews**, 22 (14), p. 1407-1414, 2003

BENNETT, M.R.; HAMBREY, M.J.; HUDDART, D. Modification of clast shape in high-arctic glacial environments. **Journal of Sedimentary Research**, 67, p. 550-559, 1997.

BENN D.I.; BALLANTYNE, C.K. 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, 1994.

BENN, D.I.; EVANS, D.J.A. *Glaciers & Glaciation*. London: **Hodder Education**. P. 443-448, 2010.

BINTANJA, R. On the glaciological, meteorological and climatological significance of Antarctic blue ice areas. **Reviews of Geophysics**, Washington, DC, 37 (3), p. 337-359, 1999.

DENTON, G.H.; BOCKHEIM, J.G.; RUTFORD, R.H.; ANDERSEN, B.G. Glacial history of the Ellsworth mountains, west Antarctica. **Geological Society of America Memoirs**, 170, p. 403-432, 1992

EVANS, D.J.A.; BENN, D.I. Facies description and the logging of sedimentary exposures. In: Evans, D.J.A. e Benn, D.I. (Eds.). *A Practical Guide to the Study of Glacial Sediments*. **Arnold**, p. 11-51, 2004.

FOGWILL, C.J.; HEIN, A.S.; BENTLEY, M.J.; SUGDEN, D.E. Do blue-ice moraines in the Heritage Range show the West Antarctic ice sheet survived the last interglacial? **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, 335-336, p. 61-70, 2011.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

FOLK, R.L.; WARD, W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27, 3-26, 1957.

KRUMBEIN, W.C. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Petrology**, 11 (2), p. 64-72, 1941.

LUKAS, S.; BENN, D.I.; BOSTON, C.M.; BROOK, M.; CORAY, S.; EVANS, D.J.A.; GRAF, A.; KELLERER-PIRKLBAUER, A.; KIRKBRIDE, M.; KRABBENDAM, M.; LOVELL, H.; MACHIEDO, M.; MILLS, S.C.; REINARDY, B.T.I.; ROSS, F.H.; SIGNER, M. Clast shape analysis and clast transport paths in glacial environments: A critical review of methods and the role of lithology. **Earth-Science Reviews**, 121, p. 96-116, 2013.

POWERS, M.C. A new roundness scale for sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Petrology**, 23, 117-119, 1953.

SHEPARD, F.P. Petrol Nomenclature based on sand-siltclay ratios. **Journal of Sedimentology** 24 (3). p. 151-158, 1954.

SIMÕES, J.C. Glossário de língua portuguesa de neve, do gelo e termos correlatos. **Pesquisa Antártica Brasileira**, p. 119-154, 2004.

SUGDEN, D.E.; HEIN, A.S.; WOODWARD, J.; MARRERO, S.M.; RODÉS, A.; DUNNING, S.A.; STUART, F.M.; FREEMAN, S.P.H.T.; WINTER, K.; WESTOBY, M.J. The million-year evolution of the glacial trimline in the southernmost Ellsworth Mountains, Antarctica. **Earth and Planetary Science Letters**, 469, p. 42-52, 2017.

VIEIRA, R.; SIMÕES, J.C. Geomorfologia Glacial dos Montes Patriot e Independence, Montanhas Ellsworth, Manto de Gelo da Antártica Ocidental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 12, p. 45-58, 2011.