



45 mm

## CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA PARA A ANÁLISE DE INDICADORES DE EROÇÃO GLACIAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E MODELO NUMÉRICO

Kátia Kellem da Rosa<sup>1</sup>, Rosemary Vieira<sup>1,2</sup>, Guilherme Borges<sup>2</sup>, Felipe Lorenz Simões<sup>1</sup> e  
Jefferson Cardia Simões<sup>1</sup>

katiakellem@yahoo.com.br

<sup>1</sup>Centro Polar e Climático – INCT da Criosfera

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9500, CEP  
90450-090 - Porto Alegre - RS, Brasil

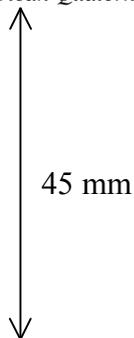
<sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense – UFF

### RESUMO

A enseada Martel, ilha Rei George, Shetlands do Sul apresenta grande aporte sedimentar derivado dos processos de erosão e deposição glacial. A produção sedimentar glacial na enseada, resultante da ação erosiva e da sua transferência para o ambiente glacimarinho, varia em função de um conjunto de fatores, entre eles o grau de retração glacial e os regimes termiais das geleiras que drenam para o fiorde. O presente trabalho estima o grau de erosão subglacial e a produção sedimentar pelas geleiras de maré e pela geleira Wanda, atualmente de frente terrestre, para o ambiente glacimarinho da enseada Martel. Adicionalmente, visa investigar os fatores que controlam os processos relacionados à variabilidade da produção sedimentar pelas geleiras. Técnicas de processamento digital de imagens satelitais dos sensores das plataformas SPOT (HRV) e TERRA (ASTER) foram utilizadas para mensurar a produção sedimentar gerada por processos abrasivos nas geleiras de maré da enseada Martel. Medidas de concentração de sedimentos em suspensão e vazão foram realizadas diariamente nos meses de Janeiro e Fevereiro dos anos de 2010 e 2011, respectivamente, nos canais de degelo na parte frontal da geleira Wanda. Os sedimentos em suspensão nos canais de água de ablação são produzidos pela ação abrasiva subglacial das geleiras e são transportados por um provável eficiente sistema de drenagem subglacial, podendo evidenciar um regime termal basal úmido (próximo ao ponto de fusão sob pressão) para as geleiras da enseada Martel. Os resultados possibilitaram verificar o aumento fluxo de água de degelo e da produção sedimentar nas geleiras, a quais encontram-se em processo acelerado e contínuo de retração e diminuição de sua espessura.

**Palavras-chave:** erosão glacial, concentração de sedimentos em suspensão, sedimentologia, geomorfologia glacial, variabilidade climática.

**Keywords:** glacial erosion, suspended sediment concentration, sedimentology, glacial geomorphology, climatic variability.



## 1. INTRODUÇÃO

A enseada Martel localiza-se na ilha Rei George, a noroeste da Península Antártica, e caracteriza-se por ser um fiorde circundado por geleiras de marés, com suas partes frontais no ambiente marinho, e de frente terrestre, como a geleira Wanda. A enseada com circulação estuarina, típica de fiordes, apresenta grande aporte sedimentar derivado dos processos de erosão e deposição glacial. Plumões de concentração de sedimentos em suspensão foram observadas próximas ao término de geleiras de maré na enseada Martel por Pilchemaier *et al.* (2004) e por Rosa *et al.* (2010).

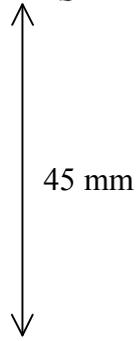
A produção sedimentar encontra-se inter-relacionada com a retração das geleiras que drenam para o fiorde e seu entendimento é vital para a investigação das consequências da variabilidade climática para a dinâmica sedimentar da área de estudo. A concentração dos sedimentos em suspensão (SSC - Suspended Sediment Concentration) é um dos parâmetros oceanográficos mais importantes em ambientes glaciais, pois a sua distribuição espacial e a sua variabilidade temporal podem ser usadas para inferir a variabilidade dos processos de ablação das geleiras e produção sedimentar, devido à sensibilidade de resposta destas à descarga de água de degelo pelas geleiras. O presente trabalho estima o grau de erosão subglacial e a produção sedimentar pelas geleiras de maré e pela geleira Wanda, atualmente de base terrestre, para ambiente glacimarinho da enseada Martel. A variabilidade do grau de erosão e produção sedimentar das geleiras foi relacionada às variáveis que condicionam estes processos.

## 2. METODOLOGIA

O monitoramento da variabilidade da produção sedimentar e processos de erosão provenientes de geleiras de frente terrestre, como a geleira Wanda, foi realizado através de medidas, em campo durante duas estações de verão de 2010 e 2011, da descarga de água de degelo e da descarga sólida em canais de ablação presentes no ambiente proglacial da geleira. Técnicas de processamento digital de imagens satelitais de diferentes anos (1988, 2000 e 2005) foram utilizadas para mensurar a produção sedimentar gerada por processos abrasivos nas geleiras de maré da enseada Martel.

O processamento digital foi realizado com cenas multiespectrais dos sensores das plataformas SPOT (HRV) e TERRA (ASTER). As imagens SPOT foram obtidas em fevereiro de 1988 e 2000, com resoluções espaciais de 20 metros. A imagem do sensor ASTER foi obtida em 11 de novembro de 2005, com resolução espacial de 15 metros. A metodologia foi desenvolvida em três etapas: (1) pré-processamento digital dos dados com o registro da imagem ASTER através do programa ENVI; (2) classificação dos sedimentos em suspensão por método não supervisionado e baseada em regras de decisão e (3) aplicação da técnica de filtragem.

A produção sedimentar das geleiras de maré, observada pela distribuição espacial das plumas de sedimentos em suspensão na parte frontal destas foram relacionados a dados de



velocidade de fluxo das geleiras, a área das geleiras e ao grau de retração das geleiras da área de estudo e ainda às condições meteorológicas do período de obtenção das imagens utilizadas.

A estimativa da produção atual de sedimentos pela geleira Wanda foi baseada no monitoramento do transporte sedimentar em canais de água de degelo subglaciais emergindo na frente da geleira obtendo-se assim o grau de erosão glacial abaixo da geleira. Se o transporte sedimentar é considerado regulado apenas pelo fluxo de água de degelo atualmente, a descarga de sedimentos em canais proglaciais reflete adequadamente o transporte sedimentar pela geleira (Rubin e Topping, 2001; Morehead et al, 2003).

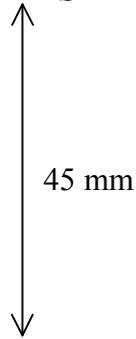
Amostragens da SSC e medições de vazão com fluxômetros em canais de ablação na geleira Wanda (geleira de frente terrestre que drena para a enseada) foram realizadas diariamente nos meses de janeiro dos anos de 2010 e 2011 (estação de ablação) para estimar a produção sedimentar e variabilidade desta na contribuição para a Enseada. Estas atividades foram desenvolvidas durante atividades de campo correspondentes às Operantar XXVIII e de XXIX. Os dados foram relacionados às condições meteorológicas do período das atividades de campo (dados obtidos pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - na Estação Comandante Ferraz - Ilha Rei George, 62° 05' 07" S; 58° 23' 33" W).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A classificação, gerada a partir da integração dos camadas (layers) como critério de decisão, delimitou satisfatoriamente as plumas sedimentares distribuídas na parte proximal das geleiras de maré na enseada Martel e possibilitou uma melhor distinção dos sedimentos localizados nas áreas expostas pela deglaciação. A concentração de sedimentos em suspensão observada pode estar relacionada com a quantidade de descarga de água de degelo, transportando sedimentos em suspensão, geradas no término das geleiras de maré, as quais possuem sua parte frontal em contato com o mar. Esses sedimentos são produto da ação erosiva das geleiras e são transportados por um provável sistema de drenagem subglacial desenvolvido, apontando um regime termal basal úmido para estas geleiras (próximo ao ponto de fusão sob pressão).

Diante dos processos de retração das geleiras na área de estudo, como reflexo aquecimento atmosférico regional ocorrido nas últimas décadas, observa-se uma maior produção de sedimentos principalmente por algumas geleiras que têm registrado processo mais rápida retração, provavelmente relacionado ao maior fluxo de água de degelo. Adicionalmente, nota-se que a maior concentração de sedimentos em suspensão ocorre na parte proximal das geleiras que possuem maior extensão e velocidade de fluxo de gelo, e assim, maior potência erosiva e capacidade de transportar sedimentos.

Constata-se uma considerável flutuação temporal da SSC em virtude das condições meteorológicas. Os dias de maior concentração (66,40 mg/L) estão relacionados com dias de precipitação líquida e temperaturas positivas. A distribuição da SSC em ambientes de fiordes também pode ser influenciada pelo processo de variação da maré e características hidrodinâmicas na enseada (Drewry, 1986).



Dados hidrológicos, obtidos em coletas em canais de degelo provenientes da geleira Wanda durante os meses de janeiro e fevereiro de 2010 e 2011, indicam que a correlação dos dados de descarga de água de degelo subglacial com sedimentos em suspensão varia fortemente durante a estação de degelo e representa uma fração do total da descarga de sedimentos para a enseada Martel.

Medidas da SSC em canais de água de degelo subglacial, presentes na área proglacial da geleira Wanda, demonstram a provável predominância da origem subglacial dos sedimentos em suspensão da baía. Indicando, assim, grande fluxo de água de degelo basal e descarga sólida em geleiras registradas como em processo acelerado e contínuo processo de retração. Maiores SSC de origem subglacial podem estar relacionadas a uma efetiva taxa de remoção do produto erosivo devido a intensos fluxos de água de degelo destas geleiras providenciando, assim, indicativos da erosão glacial, a qual está relacionada com o grau de deslizamento basal, ou seja, com a proporção de água de degelo subglacial e também com a precipitação local. Desta forma, a elevada concentração de plumas de sedimentos na área proglacial das geleiras pode indicar uma elevada produção de sedimentos destas, provavelmente devido aos processos de fusão e indica um regime termal basal úmido.

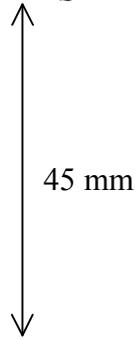
#### **4. CONCLUSÕES**

O método de classificação possibilitou resultados satisfatórios para o uso no desenvolvimento de modelos de monitoramento da variabilidade da produção sedimentar para a enseada. Com o uso de técnicas de geoprocessamento pode-se avaliar a intensidade dos processos de produção de sedimentos pelas geleiras de maré da área de estudo e o fluxo de água de degelo destas.

Diante dos processos de retração das geleiras na área de estudo, como reflexo à aquecimento regional ocorrido nas últimas décadas, observa-se uma maior produção de sedimentos principalmente em algumas geleiras as quais têm registrado processo mais acelerado de retração, provavelmente relacionado ao maior fluxo de água de degelo. Adicionalmente, verifica-se que a maior concentração de sedimentos em suspensão ocorre na parte proximal das geleiras que possuem maior extensão e velocidade de fluxo de gelo, e assim, maior potência erosiva e capacidade de transportar sedimentos. A produção sedimentar também evidencia um regime termal basal úmido para as geleiras da área de estudo.

Constata-se uma considerável flutuação temporal do volume de sedimentos em suspensão sendo transportados em virtude das condições meteorológicas. Os dados de correlação da descarga da água de degelo e sedimentos demonstram o controle sazonal, de acordo com as condições meteorológicas e refletem os processos erosivos acelerados relacionados às mudanças ambientais nas condições dinâmicas das geleiras.

Medidas da concentração de sedimentos em suspensão em canais de água de degelo subglaciais, presentes na área proglacial da geleira Wanda, demonstram a provável predominância da origem subglacial dos sedimentos. Os sedimentos em suspensão nos canais de água de ablação são produzidos pela ação erosiva subglacial das geleiras e são



transportados por um provável eficiente sistema de drenagem subglacial, podendo evidenciar um regime termal basal úmido (próximo ao ponto de fusão sob pressão) para as geleiras da enseada Martel. Os resultados possibilitaram obter indicadores da elevação do fluxo de água de degelo e erosão glacial, a quais encontram-se em processo acelerado e contínuo de retração e diminuição de sua espessura.

## REFERÊNCIAS

- Drewry, D. **Glacial Geologic Processes**. Londres: Edward Arnold, 276 p. 1986.
- Moll, A & Braun, M., 2006. Determination of glacier velocities on King George Island (Antarctica) by DINSAR. **Geoscience and Remote Sensing Symposium**, 2006. IGARSS 2006. IEEE International Conference. p. 1236 -1239.
- Morehead, M. D.; Syvitski, J. P.; Hutton, E. W. H. & Peckham, S. D. 2003. Modeling the temporal variability in the flux of sediment from ungauged river basins, **Global Planet. Change**, vol. 39, pp. 95 - 110.
- Pilchmaier, M.; Aquino, F.E.; Silva, C.S.D & Braun, M. 2004. Suspended sediments in admiralty Bay, King George Island (Antarctica). **Pesquisa Antártica Brasileira**, vol. 4, pp. 77 - 85.
- Rosa, K.K.; Vieira, R.; Hammes, D.F.; Marqueto, L.; Simões, L.F.; Scalco, P.A. & Simões, J.C. 2010. Sediment yield and transport processes by subglacial meltwater channels - Wanda glacier, King George Island, Antarctica In: **XXXI SCAR Open Science Conference**, 2010, Buenos Aires. Abstracts XXXI SCAR.
- Rubin, D.M. & Topping, D.J. 2001. Quantifying the relative importance of flow regulation and grain-size regulation of suspended-sediment transport ( $\alpha$ ) and tracking changes in grain size on the bed ( $\beta$ ), **Water Resources Research**, vol. 37, n.1, pp 133 - 146.