

Variações na posição da frente da Geleira Marinelli – Cordilheira Darwin

Milena dos Santos Bacaneli¹
Maíra Moita Saüt¹

¹Universidade Federal do Rio Grande – FURG
Caixa Postal 474 - 96.203-900 - Rio Grande - RS, Brasil
msbacaneli@gmail.com
mairasaut@gmail.com

Resumo. The present work aims to analyze changes in the Marinelli glacier front, located in the Cordillera Darwin Icefield (CDI), over the past ten years. Images from ASTER and OLI sensors, from Terra and LANDSAT satellites, were obtained for analysis. To determine changes in glacier front position, vectors were created using QGIS software, using the average positioning method. To calculate the distance between the line of the glacier front each year, well-spaced and common points were selected. It was possible to measure changes year to year by estimating the distance between these lines. The differences between average coordinates of the glacier front from different sample years presented a significant loss in mass during the studied period. A 1.64 km retreat was observed for the study period. The largest loss of total mass was observed between two consecutive years 2011 and 2012, which had a retreat rate of 0.286 km. Retreat is evidenced by the melting of ice due to an increase in the average global temperature and a reduction in the precipitation of snow.

Palavras-chave: remote sensing, climate changes, geoprocessing, orbital imaging, sensoriamento remoto, mudanças climáticas, geoprocessamento, imageamento orbital.

1. Introdução

As geleiras no sul do Chile têm contribuído significativamente para o aumento do nível do mar devido às altas taxas de ablação, que resultam na diminuição da área glacial observada nas últimas décadas (Bown et. al., 2014). A geleira Marinelli, localizada na margem norte da Cordilheira Darwin, é a maior geleira da cordilheira com uma área total aproximada, mensurada em 2001, de 133 km² e extensão de 21 km (Figura 1). O estudo das frentes de geleiras é importante, entre outras razões, como um indicador de mudanças climáticas. Uma tecnologia frequentemente utilizada para este fim são as técnicas de sensoriamento remoto, como o uso de imagens orbitais que são disponibilizadas gratuitamente, tornando este método mais acessível.

O desenvolvimento tecnológico proporcionou um avanço considerável nas formas de representação espacial da superfície terrestre. Um grande impulso foi dado a partir da obtenção de imagens da Terra por meio de satélites artificiais. Diferentemente das fotografias aéreas, as imagens de satélite são coloridas, podem ser geradas de forma imediata e ininterrupta e torna possível o mapeamento de quase toda a superfície terrestre. Estas imagens permitem a constante atualização da cartografia, bancos de dados geográficos e monitoramento de fenômenos, o que é fundamental para o estudo da variação de frente e evolução de uma geleira.

Área de estudo

O lado oeste da ponta sul do Chile (53-56S) fica ao norte da Frente Polar Antártica, sendo afetada pela frente e por atividade ciclônica resultando em uma porcentagem alta anual de dias nublados (86%) e mais de 320 dias com precipitação (Carrasco et al., 2002). É também uma região que apresenta fortes ventos, com uma média anual de velocidade de vento de 12m/s e máxima excedendo 30m/s (Miller et. al., 1976). O ciclo climático anual é fortemente

afetado por influências oceânicas, assim, a temperatura é distribuída de forma uniforme ao longo do ano. O lado oriental desta região é mais seco e frio, e exibe características mais continentais (Endlicher et. al., 1988).

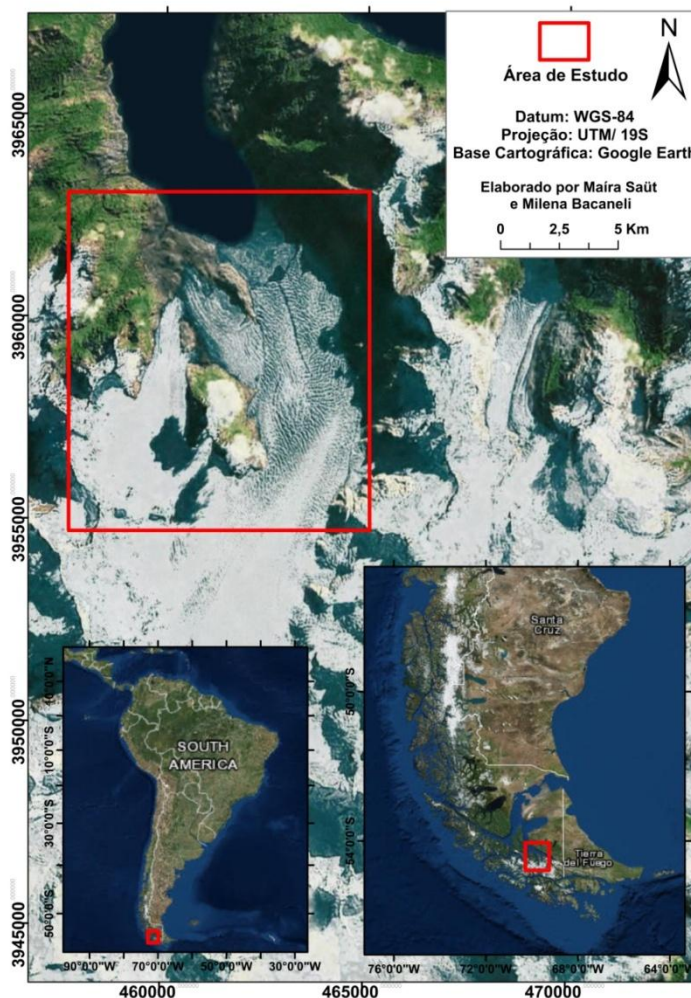


Figura 1 - Geleira Marinelli, Cordilheira Darwin

O objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar as mudanças na frente da geleira Marinelli durante o período de 2005 a 2015 a partir de dados de imageamento orbital.

2. Metodologia de Trabalho

Para execução da presente pesquisa, foram utilizadas 6 imagens orbitais dos sensores ASTER/TERRA, OLI/LANDSAT_7 e OLI/LANDSAT_8 compreendendo o período de 2005 a 2015 para a área da Geleira Marinelli (Figura 2).

O período mais recente foi escolhido pelo fato de não haver estudos sobre a taxa de variação da geleira para os referidos anos. A imagem de 2005 foi selecionada para melhor evidenciar a perda de massa, pois, sendo uma imagem mais antiga permite observar uma grande variação da linha de frente da geleira.

A aquisição de imagens foi feita pelos repositórios online de dados da USGS (serviço geológico americano) e da NASA (agência espacial americana) (Tabela 1). Para os anos de 2012 e 2014 não foi possível encontrar imagens com cobertura de nuvens desprezível, sendo necessário selecionar as que tinham cobertura entre 30-50%. Nos anos de 2005, 2011, 2012 e

2014 o sensor LANDSAT_7 apresentou problemas de funcionamento prejudicando a qualidade das imagens, que apresentam riscos diagonais em quase toda a área fotografada.

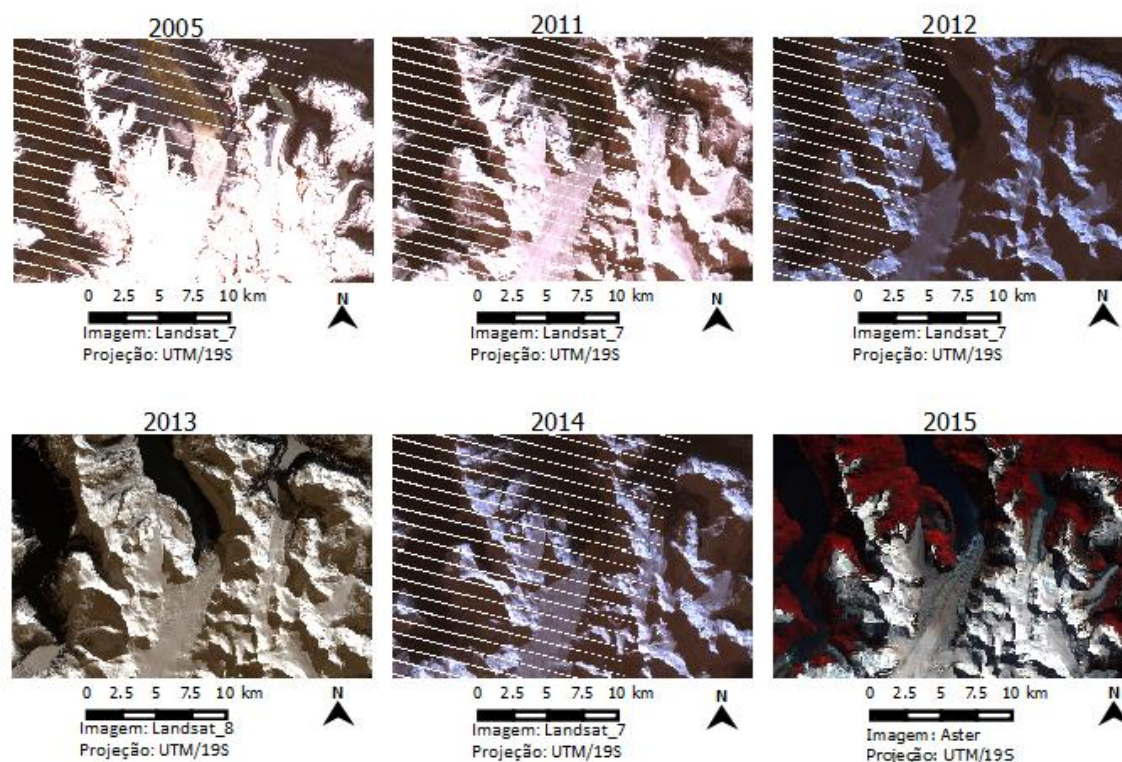


Figura 2 - Série temporal das imagens de 2005 à 2015

Tabela 1 – Aquisição de imagens

Imagem	Sensor	Fonte	Data
2005	Landsat 7	http://earthexplorer.usgs.gov/	NOV/2005
2011	Landsat 7	http://earthexplorer.usgs.gov/	ABR/2011
2012	Landsat 7	http://earthexplorer.usgs.gov/	MAI/2012
2013	Landsat 8	http://earthexplorer.usgs.gov/	AGO/2013
2014	Landsat 7	http://earthexplorer.usgs.gov/	MAI/2014
2015	Aster	http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/	MAR/2015

Para a imagem gerada pelo sensor Aster foram selecionadas as bandas 1, 2 e 3N. Já para as imagens geradas pelo Landsat foram utilizadas as bandas 1, 2 e 3 ou 1, 2, 3 e 4. A composição das bandas foi gerada através da ferramenta mosaico do QGIS.

Para o correção foram selecionados 8 pontos de controle, e a partir destes foram gerados erros denominados residuais (Tabela 2). A imagem usada como base para este procedimento foi a do ano de 2015, pois é a que permite uma melhor visualização da área da geleira. O tipo de transformação é polinomial 1 e o método de reamostragem utilizado foi o de vizinho mais próximo.

Tabela 2 - Erro resultante do georreferenciamento

Ponto	Residuais (pixels)				
	2005	2011	2012	2013	2014
0	1,51	2,64	4,23	2,26	0,98
1	0,62	1,35	0,61	3,42	1,05
2	0,33	0,08	2,03	1,81	1,85
3	1,17	0,74	0,99	1,37	1,83
4	0,45	1,86	1,35	1,26	0,19
5	0,55	1,07	4,17	1,35	0,20
6	0,57	2,92	4,98	0,18	0,03
7	0,47	1,23	3,26	1,73	0,32
8	-	0,45	0,55	-	-

A escala de digitalização usada foi a de 1:25.000 e foi criado um shape do tipo linha para delimitar o contorno da frente da geleira. Para estimar as mudanças na linha de frente de cada imagem, utilizou-se a ferramenta de linha no QGIS, medindo a distância em km entre as linhas dos diferentes anos (2005-2015).

Para calcular a distância entre as linhas foram determinados quatro pontos distintos (A, B, C e D) com a finalidade de abranger toda a linha de frente da geleira (Figura 3).

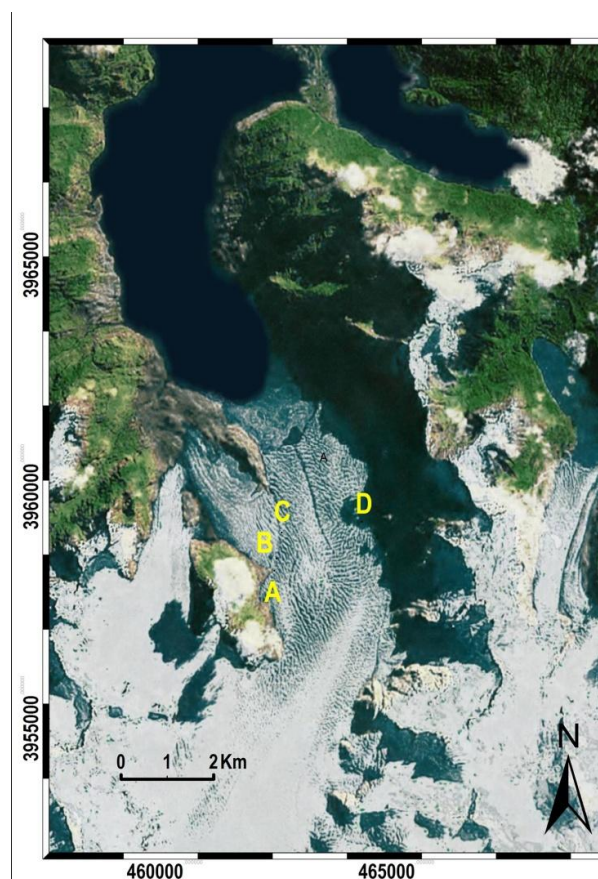


Figura 3 - Localização dos pontos

3. Resultados e Discussão

Analisando as variações entre as linhas de frente (Figura 4) observa-se que o período de maior mudança (perda de massa) foi entre 2005 e 2011 (Tabela 3). O ponto C teve maior perda de massa (1,47km) tanto para este período quanto para o período de 2005-2015 (1,640km). A menor perda de massa ocorreu no ponto B entre os anos de 2012 e 2013. Entre 2011 e 2015 alguns pontos apresentaram um ganho aparente de massa, porém não se pode afirmar se o ganho é real já que a neve pode ser confundida com o gelo em algumas imagens. A perda de massa provavelmente está relacionada a mudanças climáticas ocorridas no período analisado.

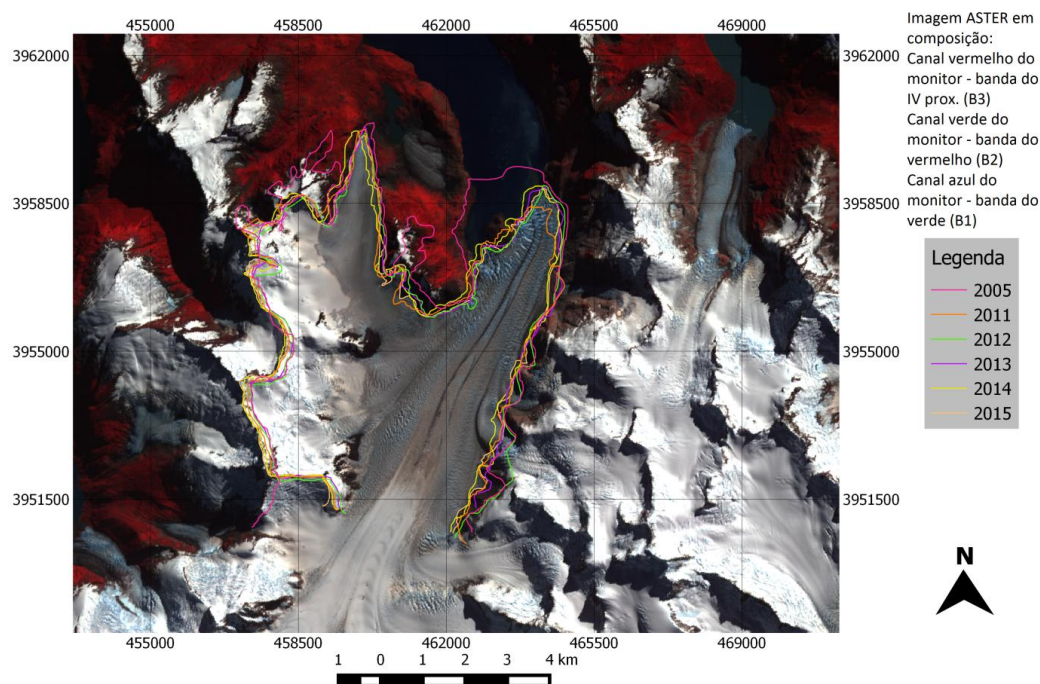


Figura 4 - Mapa temático com as linhas de frente de cada ano demarcada

Tabela 3 - Estimativa das mudanças na frente da geleira Marinelli: valores positivos representam aumento de massa e os negativos representam perda (ablação)

Pontos	Coordenadas	Variação entre as linhas de frente (km)					
		2005-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2005-2015
A	462365mE 3958188mS	-1,004	-0,236	0,125	0,085	-0,179	-0,932
B	462412mE 3958455mS	-1,058	-0,286	-0,039	0,224	-0,193	-1,410
C	462521mE 3959062mS	-1,470	-0,159	0,133	0,042	-0,093	-1,640
D	464256mE 3959249mS	-0,843	0,510	0,046	-0,061	0,030	-0,411

A geleira Marinelli experimentou o maior recuo frontal observado dentro da região da Cordilheira Darwin durante o século 20. O recuo glacial é devido a uma combinação de taxas mais elevadas de ablação e um aumento do deslizamento basal especialmente depois de 1967, quando a geleira se separou a partir de um ponto de fixação subaquática (Koppes et. al., 2009).

Como a média de temperatura global tem aumentado ao longo do tempo, a tendência é que a taxa de ablação da geleira se mantenha ou aumente nos próximos anos. Com isso, haverá uma elevação no nível do mar, que poderá atingir áreas costeiras de grande importância econômica e/ou turística.

Esse processo também poderá gerar graves efeitos sobre os ecossistemas marinhos, como por exemplo, a perda de habitat para muitos grupos de animais, como pinguins, ursos polares e focas, e a inundação de áreas de desova de diversas espécies de tartarugas e aves marinhas. Além disso, causará grandes problemas às populações humanas que vivem em zonas costeiras.

4. Conclusões

As taxas de variação da frente da geleira para o período analisado indicam uma potencialização do processo de ablação e perda de massa para essa geleira. Esses valores podem estar relacionados às variações climáticas documentadas, como o aumento das temperaturas médias e a redução de precipitação de neve. Para a obtenção de dados mais conclusivos, se faz necessário em trabalhos futuros estender a série temporal para no mínimo 30 anos de dados, comparando os resultados de deslocamento com a respectiva normal climatológica.

O geoprocessamento é uma ferramenta fundamental para analisar a evolução de frentes de geleiras, auxiliando no cálculo das taxas de ablação (perda de massa) e na previsão dos efeitos que poderão ser causados por este processo. No caso da geleira Marinelli, por exemplo, a perda de massa ocorrida ao longo dos 10 anos analisados neste projeto pode ser facilmente visualizada nas imagens de satélite. As altas taxas de ablação encontradas nesta região podem constituir uma forte evidência da ocorrência de mudanças climáticas.

Agradecimentos

À equipe do Laboratório de Monitoramento da Criosfera (LaCrio/FURG) por ceder o espaço e oferecer auxílio no desenvolvimento do projeto. Ao nosso colega de curso Paulo Victor Lisboa por ajudar na elaboração dos mapas. Ao professor do IFRS – Rio Grande Jean Marciel Espinoza pelas sugestões de melhorias e correções do presente trabalho. À nossa amiga Catherine Fitzpatrick pela ajuda na tradução. À USGS e à NASA por fornecer gratuitamente as imagens de satélite.

Referências Bibliográficas

Melkonian, A.K.; Willis, M.J.; Pritchard, M.E.; Rivera, A.; Bown, F.; Bernstein, S. A. Satellite-derived volume loss rates and glacier speeds for the Cordillera Darwin Icefield, Chile. **The Cryosphere**, v. 7, p. 823 – 839, 2013.

Bown, F.; Rivera, A.; Zenteno, P.; Bravo, C.; Cawkell, F. First Glacier Inventory and Recent Glacier Variations on Isla Grande de Tierra del Fuego and Adjacent Islands in Southern Chile. In: Kargel, J.S.; Leonard, G. J.; Bishop, M.P.; Kääb, A.; Raup, B.H. **Global Land Ice Measurements from Space**. Berlin, Springer-Verlag, 2014. Cap. 28, p. 661 – 673.

Carrasco, J., Casassa, G., and Rivera, A. Meteorological and climatological aspects of the Southern Patagonia Icefield. In: G. Casassa, F. Sepúlveda, and R. Sinclair (Eds.), **The Patagonian Icefields: A Unique Natural Laboratory for Environmental and Climate Change Studies**. Kluwer Academic/Plenum Press, New York, 2002. p. 29–41.

Endlicher, W., and Santana, A. (1988) El clima de la Patagonia y sus aspectos ecologicos: Un siglo de mediciones climatológicas en Punta Arenas. Anales Instituto Patagonia, Chile. **Serie Ciencias Naturales**. v. 18, 57–86

Landsat 8. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>. Acesso em 23.jun.2016.

Aster. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/aster/>. Acesso em 23.jun.2016.

Koppes, M.; Hallet, B.; Anderson, J. Synchronous acceleration of ice loss and glacial erosion, Glaciar Marinelli, Chilean Tierra del Fuego. **Journal of Glaciology**, 55(190), p. 207–220, 2009.