UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PÓS GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA QUÍMICA E GEOLÓGICA

RELAÇÃO ENTRE ABLAÇÃO DA GELEIRA SCHIAPARELLI E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS LOCAIS NO PERÍODO 2013-2018

Msc. Guilherme Tomaschewski Netto

Projeto de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica da Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Arigony-Neto

Rio Grande - RS
Maio de 2016

Guilherme Tomaschewski Netto

Brasil

2016, v-1.0

Resumo

A Criosfera tem um papel muito importante no clima do planeta, e mudanças no seu comportamento podem desencadear eventos meteorológicos diversos, alterações no clima e afetar o nível dos oceanos bem como seu ecossistema. Por tanto esforços para monitorar o comportamento do gelo do planeta são cada vez mais necessários para que se compreenda mais profundamente sua interação com o clima e oceanos. Este plano de trabalho tem por objetivo propor a realização do monitoramento da Criosfera através da utilização de redes de sensores baseados no modelo de consciência de situação e comparar os parâmetros meteorológicos locais ao balanço de massa da geleira estudada. Com os avanços tecnológicos observados, a computação tem estado mais presente em nossa rotina e de forma cada vez mais transparente. Este é o conceito de Computação Ubíqua, onde a interação com vários dispositivos integrados de forma remota e sem fio é o foco de pesquisa. Logo sua aplicação na utilização de redes de sensores sem fio foi um caminho natural. No monitoramento da Criosfera, mais especificamente as geleiras, se faz necessário um conjunto de sensores que possam coletar pontos de amostra distribuídos de forma remota em toda sua extensão, assim verificando as mudanças que ocorrem em todo campo de gelo, como acumulação e ablação e sua relação com processos meteorológicos, por exemplo. Apoiado em tais características, o presente projeto almeja criar um protótipo de redes de sensores para monitorar de forma integrada os diversos pontos de interesse das geleiras.

Introdução

Nas últimas décadas a discussão sobre a influência humana nas mudanças climáticas tem se intensificado. Programas de âmbito mundial para tratar do tema tem se formado, como exemplo concreto neste sentido, temos o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Órgão criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1988 para estudar o problema das mudanças climáticas. Reúne 2.500 cientistas de mais de 130 países. O IPCC tem emitido relatórios periódicos caracterizando as influências dos sistemas humanos sobre os ecossistemas naturais. O último relatório publicado evidencia a ação humana como grande responsável pelo aquecimento global detectado nos últimos 50 anos. Este aquecimento atinge vários aspectos climáticos, dentre os quais destaca-se a elevação da temperatura dos oceanos, variações extremas de temperatura do ar e os padrões de circulação atmosférica (IPCC, 2014).

Outro aspecto tratado por este relatório é a influência destas variações climáticas no derretimento das massas de gelo do planeta, o que traria consequências negativas de grandes proporções, como por exemplo o aumento do nível médio dos oceanos, alterações climáticas mais severas e a decorrente necessidade de migração populacional.

Estas massas de gelo que cobrem parte da superfície da terra, de forma perene ou sazonal, fazem parte da criosfera e cobrem 10% do total do planeta (CUFFEY; PATERSON, 2010). Segundo (ARIGONY-NETO, 2006) houve uma grande aceleração no derretimento de parte destas massas, bem como desagregação de plataformas de gelo e a extinção de geleiras. Tais fenômenos podem influenciar o clima do planeta dada a importância da criosfera e do oceano austral nos processos de equilíbrio térmico do planeta (MATA et al., 2011; SIMÕES, 2014).

Geleiras são estruturas dinâmicas resultantes da ação do clima e da topografia. Formam-se por precipitação de neve, gelo ou chuva e perdem massa por derretimento e evaporação de neve, desprendimento de massas de gelo, erosão eólica e avalanches. Isto determina duas grandes áreas conceituais, a Área de acumulação e a Área de ablação (CUFFEY; PATERSON, 2010). O balanço entre acúmulo e perda de gelo determina a formação ou extinção de uma geleira.

Muitos esforços vem sendo empregados para monitorar o derretimento das geleiras (LACHAPELLE, 1959; MÜLLER; KEELER, 1969; BØGGILD et al., 2004; BRAITHWAITE, 2009; HULTH, 2010; Van As, 2011; FAUSTO et al., 2012) e diferentes estratégias com sensores específicos foram empregadas neste intuito, como a observação da variação das camadas de gelo por estacas (LACHAPELLE, 1959; MÜLLER; KEELER, 1969), sensores de pressão (BØGGILD et al., 2004; Van As, 2011; FAUSTO et al., 2012), ultrasônicos (HULTH, 2010; Van As, 2011) e por fios de aço (HULTH, 2010). Cada estratégia mostrou pontos fortes e deficiências, demonstrando assim a necessidade de criarem-se sistemas híbridos, com mais de uma abordagem de aquisição dos dados e de forma distribuída.

Os parâmetros meteorológicos como vento (direção e intensidade), pressão atmosférica, temperatura do ar e do gelo, umidade e luminosidade são medidos por estações meteorológicas, que devido ao alto custo e à baixa portabilidade, são instaladas em número reduzido, limitando-se a poucas unidades. Esta abordagem baseada na medição de parâmetros meteorológicos em pontos localizados não representa as variações que ocorrem em toda extensão das geleiras.

Para monitorar o derretimento destas geleiras com maior precisão espaço-temporal se faz necessária a utilização de mais de uma técnica de levantamento de dados, com resolução temporal compatível com eventos meteorológicos específicos e que permitam uma melhor calibração e validação de modelos de balanço de energia e massa(HULTH, 2010).

O emprego de mais de um ponto de coleta conectado a uma rede de sensores distribuídos pode contribuir significativamente para uma visão mais ampla destas dinâmicas de acúmulo de massa e ablação de geleiras. Desta maneira, comparando as informações a respeito da geleira, como temperatura e perda de massa, por exemplo, com dados

meteorológicos, é possível verificar como os processos meteorológicos influenciam na perda de massa de gelo, sobretudo nos eventos extremos, não só nas zonas de ablação mas também nas zonas de acumulação, bem como em altitudes diversas e outras condições morfológicas.

A coleta automatizada de informações do meio por dispositivos computacionais, móveis ou não, com o intuito de qualificar o atendimento às necessidades dos usuários é chamada de computação ciente do contexto.

Ampliando os conceitos de ciência do contexto, (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012) propõe um modelo de integração onde além da análise dos dados coletados do ambiente também é feito um acompanhamento da evolução dos mesmos, considerando mais uma dimensão, a análise temporal, introduzindo então o conceito de ciência de situação.

Neste sentido, este trabalho apresenta uma proposta para criação de uma rede de sensores meteorológicos e de ablação com o objetivo de monitorar um ambiente climático singular.

Área de Estudo

A área de estudo situa-se ao sul da Patagônia Chilena, na Cordilheira Darwin, nas coordenadas 5424'02"S 7052'40"O e chama-se Geleira Schiaparelli (Vide Figura 1). As características geográficas, o isolamento e a baixa influência direta de fatores antrópicos tornam esta região propícia para este tipo de estudo.

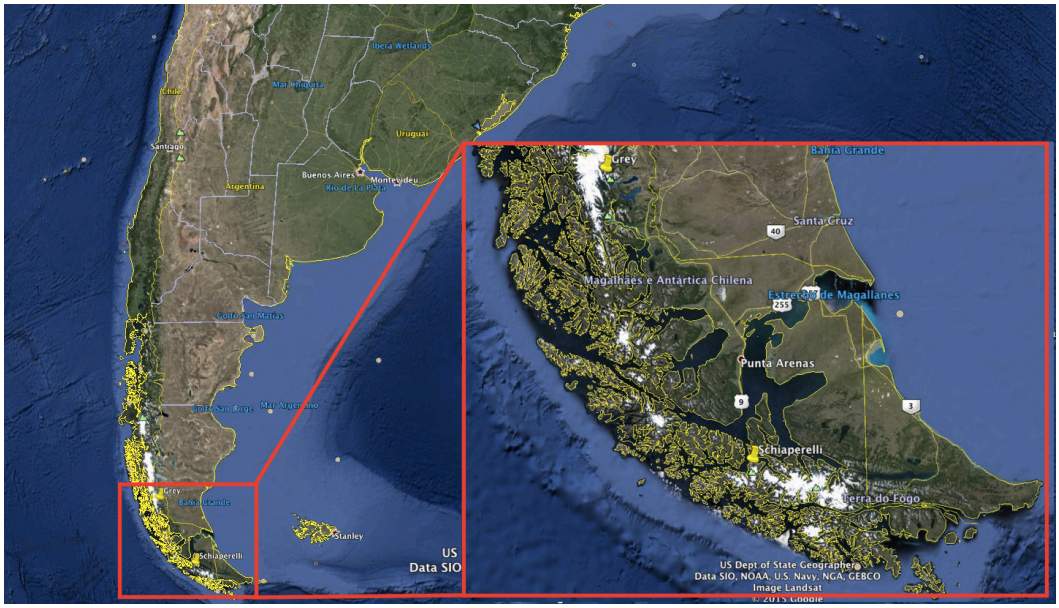

Figura 1: Mapa da Região de Estudo

A Cordilheira dos Andes abrange ao longo de seus 9000 km uma gama de condições de temperatura e precipitação que formam um mosaico climático (GARREAUD et al., 2009). Devido a esta diversidade climática as Geleiras andinas possuem características próprias, inerentes às condições climáticas locais (SAGREDO; LOWELL, 2012; CASASSA et al., 2007). Ao sul, em particular, a influência tropical desaparece e dá lugar ao predomínio das condições meteorológicas do Pacífico, com domínio da circulação de oeste (RODBELL; SMITH; MARK, 2009). A Figura 2 mostra a influência que a região ao sul dos Andes sofre dos ventos de Oeste e da climatologia do pacífico sul.

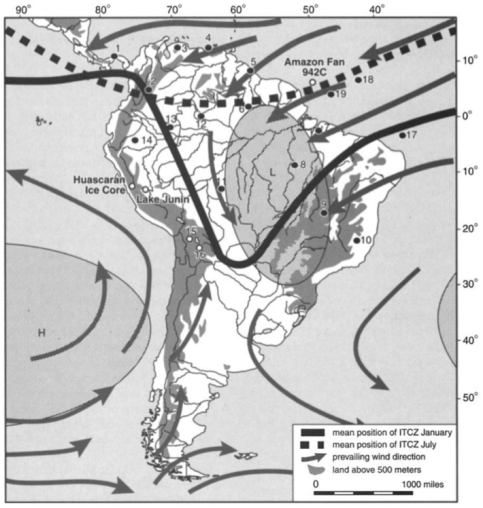

Figura 2: Representação das principais influências da circulação atmosférica regional sobre a América do Sul (MASLIN; BURNS, 2000)

A geleira Schiaparelli, Figura 3 é uma geleira de vale que tem sua drenagem para um pequeno lago pró-glacial próximo ao Canal de Magdalena, ao Sul do estreito de Magalhães. O acesso dá-se pela moraina Sul. Situa-se na região do Monte Sarmiento(2207m) de onde seu fluxo de gelo origina-se, e onde está localizada sua zona de acumulação.

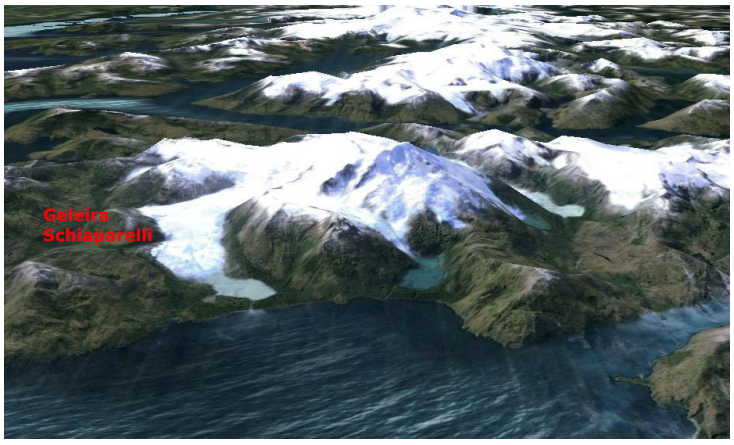

Figura 3: Visualização tridimensional da Geleira Schiaparelli - Cordilheira Darwin. Imagem LANDSAT, obtida em 04/09/2013

Justificativa

As geleiras de Vale são sistemas muito sensíveis às mudanças climáticas (MACDONELL et al., 2013; RUPPER; ROE; GILLESPIE, 2009). Estudos de reconstrução paleoclimática de diferentes escalas temporais e espaciais estudam os registros de formação/retrocesso de geleiras (HALL et al., 2013; RODBELL; SMITH; MARK, 2009; MASIOKAS et al., 2009). Estudos correlacionados associam estas flutuações glaciais com alterações climáticas e as influências na variação da circulação oceânica global (DENTON; BROECKER, 2008). Tipicamente estes registros não contemplam as variações climáticas locais, tão pouco a magnitude com que as geleiras reagem a estas perturbações (RUPPER; ROE, 2008; SAGREDO; RUPPER; LOWELL, 2014).

Alguns estudos mostram algum entendimento da relação entre o clima e as geleiras (KASER, 2001; RUPPER; ROE, 2008; SAGREDO; LOWELL, 2012) e sugerem que geleiras expostas a diferentes regimes climáticos têm respostas de magnitude diversas a eventos climáticos similares. Considerando estas afirmações é necessário o estudo das influências meteorológicas locais em cada geleira, afim de confirmar seus padrões de comportamento. A área de estudo proposta é carente de estudos pontuais sobre seu balanço de gelo e os fatores meteorológicos forçantes.

Objetivos

Relacionar o balanço de massa da geleira Schiaparelli com os eventos meteorológicos locais observados durante o período 2013-2018.

Objetivos específicos

- Implementar uma rede de sensores customizados às necessidades de monitoramento de geleiras, com medições de ablação e dados meteorológicos como temperatura do ar, pressão atmosférica, radiação solar, direção e velocidade do vento.

- Utilizar os parâmetros de ablação da Geleira Schiaparelli através das leitura das balizas eletrônicas para calcular o balanço de massa de gelo.

- Utilizar os sistemas desenvolvidos na tese para verificar como os processos meteorológicos regionais influenciam na acumulação de neve durante o inverno e perda de massa de gelo durante a primavera e verão, bem como o comportamento das geleiras Schiaparelli em diversos pontos distribuídos em toda sua extensão.

Hipótese

A hipótese considerada nesta proposta é de que é possível monitorar o balanço de massa de geleiras com alta resolução espacial e temporal, ao ponto de permitir a identificação das condições meteorológicas locais que possuem uma maior contribuição tanto para o acúmulo como para a perda de massa.

Material e Métodos

Ambiente Operacional

Redes de sensores sem fio consistem em grande número de pequenos e minúsculos dispositivos sensores denominados nós ou nodos. Os nodos em geral têm memória e potência limitada e executam processamento em rede. Existem várias características do processamento em rede, fatores que podem influenciar na qualidade dos serviços e técnicas para maximizar o tempo de vida de uma rede de sensores em suas aplicações. Qualidade de serviço, roteamento, acesso ao meio. Todas características que são considerados na concepção dos protocolos de gerência das redes de sensores e sua topologia Netto (2016). Na implementação da rede de sensores serão utilizados os microcontroladores da família ArduinoArduino (2016), que possuem as características técnicas necessárias ao projeto, salientando o baixo custo e a praticidade de desenvolvimento. O modelo de sensores de borda deverá ser composto por conjuntos de circuitos acoplados pelos microcontroladores através de comunicação sem fio. E cada conjunto deverá possuir sensores para medir, velocidade de fluxo das geleiras, pressão barométrica, temperatura ar, umidade, temperatura da neve, quantidade de neve acumulada, ablação, radiação solar, direção e intensidade de vento, como mostra a Figura 4.

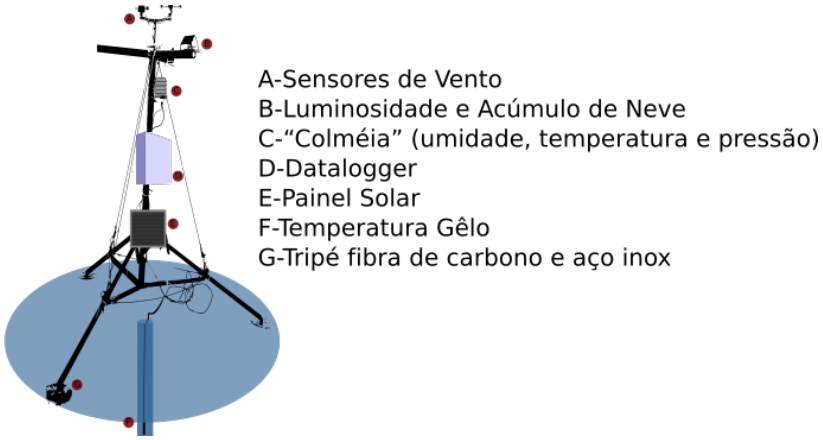

Figura 4: Estação Meteorológica Automática

Um protótipo de estação meteorológica completa foi executada com tripé em fibra de carbono a um custo de R$2.000,00. Bastante inferior ao preço das estações

compradas anteriormente que têm um preço médio de R$ 40.000,00. Também pelo fato de ser construída com materiais leves seu peso total é 11 kg. Bastante portátil comparado com as estações anteriormente instaladas pesando 40 kg aproximadamente.

Os sensores de ablação serão desenvolvidos a partir do modelo de balizas utilizado atualmente, o qual consistem em inserir um conjunto de canos de PVC na geleira até 12 metros de profundidade, e a cada retorno da equipe ao campo são efetuadas medições de quanto estas balizas estão aparentes, apresentando assim uma baixa resolução temporal, em torno de seis meses. No novo projeto serão acrescentados sensores de reconhecimento por radiofrequência*(RFID)*, com uma resolução espacial de 15 cm e um *datalogger*, assim será possível armazenar os dados de derretimento das geleiras nas regiões de ablação nos períodos exatos que ocorrem.

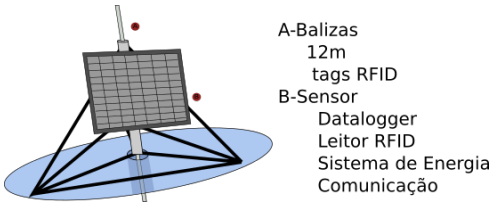

Figura 5: Sensor de Ablação

O modelo de integração será implementado utilizando-se uma arquitetura em camadas, com sensores de borda realizando a coleta das informações, uma camada intermediária chamada de middleware, responsável pela distribuição e transmissão das informações e os servidores de contexto que serão os responsáveis pelo armazenamento temporário e transmissão para a base remota. Tal abordagem torna o projeto bastante versátil quanto a customização da rede de sensores como demonstrou o trabalho de (RUIZ, 2003) e (NETO, 2009). Com o ambiente tecnológico implementado e testado serão efetuados levantamentos em locais já conhecidos, concomitantemente com estações meteorológicas automáticas (AWS) já instaladas. Esta etapa tem por objetivo aferir a rede de sensores fazendo um estudo comparativo entre dados de estações já em uso com o novo ambiente proposto. O LaCrio possui duas estações meteorológicas em operação. Uma na geleira Union na Antártida e a segunda na geleira Schiaparelli, sul patagônia chilena. Estas servirão de referência para aferição da rede de sensores fazendo um estudo de correlação linear simples entre as medições destas duas fontes de dados. As estações também serão comparadas com às instaladas no campus da Furg. Os dados foram coletados em agosto de 2015, e estão em processo de análise. Utilizando regressão linear serão cruzadas as informações das estações já homologadas do INMET e as estações construídas no LaCrio, assim poderão ser criadas equações de correção e coeficientes de correlação entre os dados medidos. Metodologia esta utilizadas em trabalhos relacionados, (VIEIRA et al., 2015; BOLZAN, 2014).

Ambiente de Visualização

Uma rede de sensores pode gerar uma grande quantidade de dados que precisam ser armazenados e disponibilizados aos pesquisadores e interessados em sua análise. Para tanto é necessário que exista uma infraestrutura que possibilite o armazenamento das informações de maneira segura e de alta disponibilidade. O primeiro protótipo desta ferramenta já está em uso no LaCrio, e pode ser acessado em (NETTO; YAMIN; ARIGONY-NETO, 2014). Consistem em uma ferramenta de visualização de dados com atualização automática dos dados. Trabalha nos formatos texto e gráfico, podendo ser configurada por sensores e faixa de tempo. E possibilita aos pesquisadores uma alta disponibilidades das informações. Contudo esta ferramenta precisa evoluir para trabalhar com um modelo de redes de sensores, onde mais de um sítio poderá ser alocado, bem como recursos de segurança e exportação de dados devem ser implementados. As linguagens PHP, Python e Shell Script estão sendo utilizadas na sua programação.

Balanço de massa e as Influências do clima local

Os estudo glaciológicos praticados atualmente consideram uma geleira como um ente hidrológico cuja sua massa pode variar em um curto período em função das características do clima (FRANCOU et al., 2004). Neste enfoque este estudo irá concentrar-se na sensibilidade da geleira ao clima, que basicamente consiste em identificar funções relacionadas a dinâmica e evolução da geleira e a evolução do clima (MACDONELL et al., 2013). Para tal serão buscadas correlações entre os valores do balanço de massa e as variáveis climáticas medidas pelas estações meteorológicas instaladas na área de estudo.

Método de medição do Balanço de massa

O balanço de massa de uma geleira é estimado a partir da soma de todos os processos que agregam massa na geleira(acumulação), e de todos os que a removem(ablação). O balanço de massa corresponde ao resultado da soma de a acumulação e ablação. É a variação da massa, representado por um volume equivalente de água que ocorreu durante um período definido (BENN; EVANS, 2014). O balanço de massa é normalmente expresso em milímetros ou metros de água equivalente. Esta é a equação simplificada para o balanço em um determinado ponto entre dois períodos de medição (FRANCOU et al., 2004):

$$b_i = \rho_0 \Delta h$$

onde b_i é o balanço de massa no ponto $_i$, ρ_0 a densidade do gelo(tipicamente entre 0,82 a 0,92 g cm^{-3} e Δh a variação de espessura.

Afim de estimar este balanço de massa será utilizado o método de medição direta, que consiste na instalação de uma rede de balizas que permitirão a medida da espessura de massa de gelo (BØGGILD et al., 2004; KASER, 2001). Neste caso com uma resolução temporal diária.

Determinação das Forçantes Meteorológicas da Ablação

Os controles meteorológicos sobre a perda de massa serão investigados, correlacionando a ablação modelada diariamente através do balanço de massa e as principais variáveis meteorológicas registradas nas AWS.

Viabilidade

O Laboratório de monitoramento da Criosfera (LaCrio) possui um grande número de trabalhos publicados e projetos em andamento que irão fornecer suporte ao trabalho, assim como 2 estações meteorológicas automáticas montadas na superfícies de geleiras que fornecerão parâmetros de aferição para as medidas que realizadas pelos instrumentos que o presente trabalho propõe implementar. O ambiente proposto é de baixo custo, tanto hardware quanto software, o recurso necessário para a montagem dos protótipos será custeado pelos projetos do Lacrio. Tendo em vista tais características, a execução do presente projeto demonstra ser viável e oportuno.

Cronograma

	2015												2016												2017												2018												19	
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Realização de créditos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																										
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Estudo sobre os métodos estatísticos mais adequados para aplicação nos estudos comparativos dos dados coletados							X	X	X																																							
Seleção dos dados disponíveis para a península Antártica e Geleiras patagônicas, Fontes do Lacrio, 2014															X	X	X																															
Desenvolvimento dos sistemas de controle e comunicação de múltiplos sensores	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X			X	X	X	X	X																													
Desenvolvimento dos sistemas de comunicação																X	X																															
Realizar levantamentos em campo							X													X											X						X										
Realização de intercâmbio																							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X														
Análise de dados									X	X										X	X															X	X	X	X	X	X						
Produção de artigo										X	X										X	X																		X	X						
Preparação de resumos com resultados preliminares para exposição em eventos científicos (simpósios, congressos, etc.)										X					X	X															X	X													
Qualificação																					X																										
Finalização da tese e defesa																																									X	X	X	X	X		

Figura 6: Cronograma

Referências

ARDUINO. *Arduino Web Page*. 2016. <https://www.arduino.cc/>. Accessed: 2016-01-15. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Citado na página 6.

ARIGONY-NETO, J. *Monitoring glacier parameters on the Antarctic Peninsula - a centerline approach combining satellite and GIS data.* 136 p. Tese (Doutorado), 2006. Citado na página 2.

BENN, D.; EVANS, D. J. *Glaciers and glaciation*. [S.l.]: Routledge, 2014. Citado na página 8.

BØGGILD, C. E. et al. Automatic glacier ablation measurements using pressure transducers. *Journal of Glaciology*, v. 50, n. 169, p. 303–304, 2004. ISSN 00221430. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 9.

BOLZAN, M. B. Desenvolvimento de um piranômetro baseado em componentes semicondutores. p. 1–94, 2014. Citado na página 7.

BRAITHWAITE, R. J. Calculation of sensible-heat flux over a melting ice surface using simple climate data and daily measurements of ablation. *Annals of Glaciology*, v. 50, n. 50, p. 9–15, 2009. ISSN 02603055. Citado na página 2.

CASASSA, G. et al. Current status of Andean glaciers. *Global and Planetary Change*, v. 59, n. 1-4, p. 1–9, 2007. ISSN 09218181. Citado na página 4.

CUFFEY, K.; PATERSON, W. S. B. *The Physics of Glaciers*. [S.l.: s.n.], 2010. Citado na página 2.

DENTON, G. H.; BROECKER, W. S. Wobbly ocean conveyor circulation during the Holocene? *Quaternary Science Reviews*, Elsevier Ltd, v. 27, n. 21-22, p. 1939–1950, 2008. ISSN 02773791. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.08.008>. Citado na página 5.

FAUSTO, R. S. et al. Ablation observations for 2008-2011 from the Programme for Monitoring of the Greenland Ice Sheet (PROMICE). *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, n. 26, p. 73–76, 2012. ISSN 16048156. Citado na página 2.

FRANCOU, B. et al. Métodos de Obbervación de Glaciares en los Andes Tropicales. Mediciones de terreno y procesamiento de datos. n. January, 2004. Citado na página 8.

GARREAUD, R. D. et al. Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 281, n. 3-4, p. 180–195, 2009. ISSN 00310182. Citado na página 4.

HALL, B. L. et al. Extensive recession of Cordillera Darwin glaciers in southernmost South America during Heinrich Stadial 1. *Quaternary Science Reviews*, Elsevier Ltd, v. 62, p. 49–55, 2013. ISSN 02773791. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.11.026>. Citado na página 5.

HULTH, J. Using a draw-wire sensor to continuously monitor glacier melt. *Journal Of Glaciology*, v. 56, n. 199, p. 922–924, 2010. ISSN 00221430. Disponível em: <http://www.ingentaconnect.com/content/igsoc/jog/2010/00000056/00000199/art00019>. Citado na página 2.

IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [S.l.], 2014. 151 p. Citado na página 1.

KASER, G. Glacier-climate interaction at low latitudes. *Journal of Glaciology*, v. 47, n. 157, p. 195–204, 2001. ISSN 00221430. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 9.

LACHAPELLE, E. ERRORS IN ABLATION MEASUREMENTS. *Journal of Glaciology*, v. 3, n. 26, 1959. Citado na página 2.

MACDONELL, S. et al. Meteorological drivers of ablation processes on a cold glacier in the semi-arid Andes of Chile. *Cryosphere*, v. 7, n. 5, p. 1513–1526, 2013. ISSN 19940416. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 8.

MASIOKAS, M. H. et al. Glacier fluctuations in extratropical South America during the past 1000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier B.V., v. 281, n. 3-4, p. 242–268, 2009. ISSN 00310182. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.08.006>. Citado na página 5.

MASLIN, M. a.; BURNS, S. J. Reconstruction of the Amazon Basin effective moisture availability over the past 14,000 years. *Science (New York, N.Y.)*, v. 290, n. 5500, p. 2285–2287, 2000. ISSN 0036-8075. Citado na página 4.

MATA, M. M. et al. *Antártica e as Mudanças Globais: um desafio para humanidade*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2011. ISBN 9788521206354. Citado na página 2.

MÜLLER, F.; KEELER, C. M. Errors in short-term ablation measurements on melting ice surfaces. *Journal of Glaciology*, v. 8, n. 52, p. 91–105, 1969. Citado na página 2.

NETO, A. T. Rede de sensores sem fio e computação ubíqua na agropecuária. *Embrapa*, p. 19, 2009. ISSN 1678-0434. Disponível em: <http://www.cnpdia.embrapa.br>. Citado na página 7.

NETTO, G. T. Redes de Sensores sem Fio: Rvisão. 2016. Disponível em: <netto.ufpel.edu.br/phd>. Citado na página 6.

NETTO, G. T.; YAMIN, A. C.; ARIGONY-NETO, J. *Automatic Weather Station Visualizer*. 2014. Disponível em: <amplus.ufpel.edu.br/us>. Citado na página 8.

RODBELL, D. T.; SMITH, J. A.; MARK, B. G. Glaciation in the Andes during the Lateglacial and Holocene. *Quaternary Science Reviews*, v. 28, n. 21-22, p. 2165–2212, 2009. ISSN 02773791. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.

RUIZ, L. B. *Maná: uma arquitetura para gerenciamento de redes de sensores sem fio*. 170 p. Tese (Doutorado), 2003. Disponível em: <http://www2.dcc.ufmg.br/{~}linnyer/TeseMANNA.p>. Citado na página 7.

RUPPER, S.; ROE, G. Glacier changes and regional climate: A mass and energy balance approach. *Journal of Climate*, v. 21, n. 20, p. 5384–5401, 2008. ISSN 08948755. Citado na página 5.

RUPPER, S.; ROE, G.; GILLESPIE, A. Spatial patterns of Holocene glacier advance and retreat in Central Asia. *Quaternary Research*, v. 72, n. 3, p. 337–346, 2009. ISSN 00335894. Citado na página 5.

SAGREDO, E. A.; LOWELL, T. V. Climatology of Andean glaciers: A framework to understand glacier response to climate change. *Global and Planetary Change*, v. 86-87, n. APRIL 2012, p. 101–109, 2012. ISSN 09218181. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.

SAGREDO, E. A.; RUPPER, S.; LOWELL, T. V. Sensitivities of the equilibrium line altitude to temperature and precipitation changes along the Andes. *Quaternary Research (United States)*, v. 81, n. 2, p. 355–366, 2014. ISSN 10960287. Citado na página 5.

SIMÕES, J. C. Antartica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. In: . [S.l.: s.n.], 2014. p. 50–59. Citado na página 2.

Van As, D. Warming, glacier melt and surface energy budget from weather station observations in the melville bay region of northwest greenland. *Journal of Glaciology*, v. 57, n. 202, p. 208–220, 2011. ISSN 00221430. Citado na página 2.

VIEIRA, R. G. et al. Medição De Radiação Solar Global Utilizando Sensor Ldr Global Solar Radiation Maeasuring Using Ldr Sensor. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 7, p. 48–54, 2015. Citado na página 7.

YE, J.; DOBSON, S.; MCKEEVER, S. Situation identification techniques in pervasive computing: A review. *Pervasive and Mobile Computing*, Elsevier B.V., v. 8, n. 1, p. 36–66, 2012. ISSN 15741192. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1574119211000253>. Citado na página 3.