

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO GRANDE  
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA,  
QUÍMICA E GEOLÓGICA

**Plano de trabalho**

**Nível: Doutorado**

**Desenvolvimento de sistemas para o monitoramento de Geleiras**

**Orientador: Dr. Jorge Arigony-Neto**

**Aluno: Guilherme Tomaszewski Netto**  
guilherme.netto@gmail.com

**Rio Grande, novembro de 2015**

## **1. RESUMO**

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.

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.

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.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo principal da proposta é investigar o potencial do uso de redes de sensores remotos portáteis de código aberto para o monitoramento de geleiras.

## **3. OBJETIVOS SECUNDÁRIOS**

Implementar um ambiente de monitoramento utilizando redes de sensores autônomos, de baixo custo, baseados no modelo de consciência de situação.

Validar o ambiente de monitoramento em áreas de geleiras, monitorando sobretudo acumulação, ablação e parâmetros meteorológicos.

Implementar um ambiente de visualização de dados de alta disponibilidade, com enfoque no modelo de redes de sensores.

Correlacionar os dados meteorológicos medidos pela estações (AWS – Automatic Weather Stations) com os dados medidos pelos sensores de ablação.

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 e Grey em diversos pontos distribuídos em toda sua extensão.

#### **4. HIPÓTESE**

A hipótese considerada nesta proposta é de que é possível melhorar a resolução espaço-temporal de medições glacio-meteorológicas com o uso de sensores remotos portáteis de código aberto e baixo custo.

#### **5. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA**

Nas últimas décadas a discussão sobre a influência humana nas mudanças climáticas tem se intensificado. Programas de âmbito mundial tem se formado a exemplo 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, salientando as influências dos sistemas humanos versus os ecossistemas. O último relatório publicado evidencia a ação humana como grande responsável pelo aquecimento global detectado nos últimos 50 anos, atingindo vários aspectos climáticos como elevação da temperatura dos oceanos, variações extremas de temperatura do ar e dos padrões de circulação atmosférica (IPCC, 2013).

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 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 2011; SIMÕES, 2014).

Muitos esforços já foram e estão sendo empregados para monitorar o derretimento das geleiras (LACHAPELLE, 1959; MÜLLER, 1969; BØGGILD, 2004; BRAITHWAITE, 2009; HULT, 2010; VAN AS, 2011; FAUSTO, 2012) e vários tipos de sensores foram empregados neste intuito, como a observação da variação das camadas de gelo por estacas (LACHAPELLE, 1959; MÜLLER, 1969), sensores de pressão (BØGGILD, 2004; VAN AS, 2011; FAUSTO, 2012), ultrasônicos (HULT, 2010; VAN AS, 2011) e por fios de aço (HULT, 2010). Cada estratégia mostrou pontos fortes e deficiências, demonstrando assim a necessidade de criarem-se sistemas híbridos, com mais de uma estratégia de aquisição dos dados e de forma distribuída.

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 da geleira.

Os parâmetros meteorológicos como vento (direção e intensidade), pressão atmosférica, temperatura do ar e do gelo, umidade, luminosidade são medidos por estações meteorológicas, que devido ao alto custo e a baixa portatibilidade, são instaladas em número reduzido, limitando-se a poucas unidades. Esta resolução espacial não representa o que acontece em toda extensão das geleiras.

Para monitorar o derretimento destas geleiras com uma maior precisão se faz necessária a utilização de mais de uma técnica de levantamento de dados, com mais

resolução temporal para uma melhor calibração e validação nos estudos destes modelos de degelo, sobretudo em escalas de tempo menores em eventos específicos (HULT, 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 (acúmulo e ablação). Desta maneira, comparando as informações a respeito da geleira, como temperatura e perda de massa, por exemplo, com dados meteorológicos. Verificando então 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 integração de dispositivos computacionais, móveis ou não, com o ambiente em que estão inseridos por meio de coleta de informações, assim buscando sua adequação às necessidades do usuário é chamado de computação sensível ao contexto. Este potencializou-se por outro paradigma computacional, mais abrangente, chamado Computação Ubíqua (YAMIN, 2004). Juntando-se à estes conceitos (YE, 2012) propõe um modelo de integração onde além da análise do ambiente também é feito um acompanhamento da evolução destas informações, trabalhando com mais uma dimensão, a análise temporal. Apresentando então o conceito de consciência de situação.

Esta autonomia prevista na Computação Ubíqua também é perseguida nas pesquisas atuais em redes de sensores. De tal maneira que a minimização de alguns sensores sem fio existentes atualmente e a distribuição integrada dos mesmos junto ao meio físico são indicativos de que as Redes de Sensores sem Fio são uma importante contribuição para consolidação da Computação Ubíqua.

Com os recentes avanços no desenvolvimento de sistemas microeletrônicos, as Redes de Sensores sem Fio podem ser formadas por um grande número de pequenos sensores, onde cada sensor é um elemento autônomo capaz de captar a informação do meio, tratar e enviar esta informação através de comunicação sem fio. Neste caso se faz necessário ter um transceptor para comunicação, uma unidade de sensoriamento, fonte de energia, memória e uma unidade de processamento (RUIZ, 2003). Tais elementos influenciaram várias aplicações desta tecnologia que agrega recursos antes intratáveis

com modelos convencionais, por exemplo, no monitoramento de áreas remotas, sendo lançados sobre reservas ambientais, florestas, vulcões, rios, etc. (RUIZ, 2003).

Uma plataforma microeletrônica que tem ganhado destaque mundial na elaboração de projetos embarcados é Arduino. Que é um ambiente de prototipagem eletrônica com um microcontrolador e suporte de entradas e saídas digitais e analógicas embutidas. É um projeto de código aberto de baixo custo que acopla uma vasta gama de sensores (ARDUINO, 2014).

Por esse motivo, o presente trabalho busca agregar um conjunto de tecnologias, preferencialmente livres (i.e., projeto de domínio público), de baixo custo, mas mantendo um nível de confiabilidade aceitável para medidas da dinâmica de geleiras.

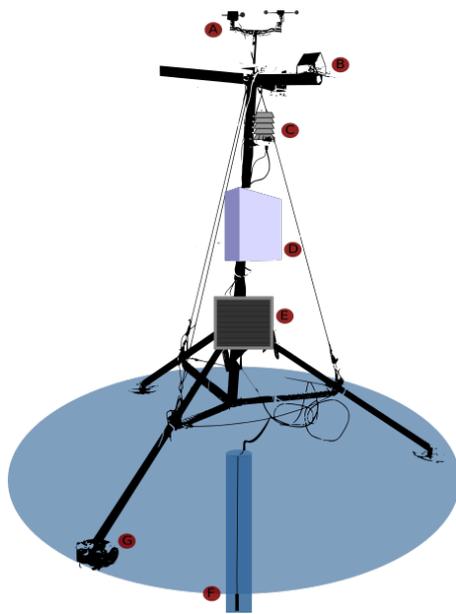
## **6. METODOLOGIA**

### **6.1 Ambiente operacional**

Na implementação da rede de sensores serão utilizados os microcontroladores da família Arduino (ARDUINO, 2014), 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 1.

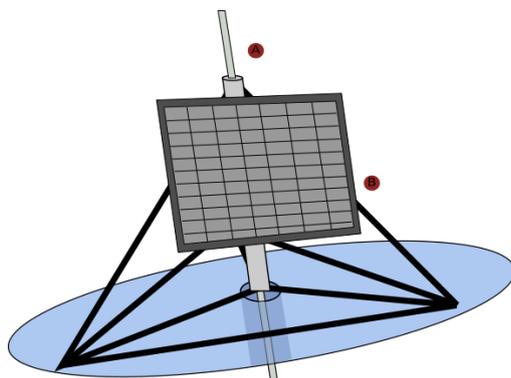
Um protótipo de estação meteorológica completa foi executada com tripé em fibra de carbono foi construída a um custo de R\$2.000,00. Bastante inferior às estações compradas anteriormente que têm um preço médio de R\$ 40.000,00. Também pelo fato de ser construída com materiais leves seu peso total é 11Kg. Bastante portátil comparado com as estações anteriormente instaladas pesando 40Kg aproximadamente.



- A. Sensores de Vento
- B. Sensores de Acúmulo de neve e luminosidade
- C. Colméia, sensores temperatura, umidade e pressão barométrica
- D. DataLogger 8 GBytes, microcontrolador Arduino UNO, bateria 7Ah<sup>-1</sup>.
- E. Painel Solar 10w
- F. Sensor temperatura gelo
- G. Tripé em fibra de carbono e base "crampon pizza".

**Figura 1 Estação Meteorológica Automática**

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.



- A. Baliza PVC, com 8 segmentos de 1,5 m, sensores RFID a cada 0,15m.
- B. DataLogger com leitor RFID e sistemas de energia.

**Figura 2 Sensor Eletrônico 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, 2013) e (NETO, 2009).

## 6.2 Validação do sistema

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, BOLZAN, 2014 e VIEIRA, 2015.

## 6.3 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, 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.

#### 6.4 Teste de campo e análise

Com o protótipo de redes de sensores homologado serão feitas coletas em campo, afim de verificar a correlação dos dados de ablação e acúmulo de gelo e neve com os dados meteorológicos também coletados. As estações já citadas servirão de referência também para esta etapa. Aqui deverão ser observados os agentes, ou conjunto de agentes, meteorológicos que mais influenciam no acúmulo e ablação, conforme já observado em trabalhos pretéritos (S. MACDONELL, 2013). Objetivando tentar quantificar estas relações entre eventos meteorológicos e sua influências nas geleiras.

A divulgação científica dos resultados é bastante importante, logo é almejado a elaboração de pelo menos três artigos, dois artigos sobre a implementação e validação dos sistemas propostos, e um com os resultados das análises dos dados gerados pela rede de sensores.

### **7. 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 Lacro.

Tendo em vista tais características, a execução do presente projeto demonstra ser viável e oportuno.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARDUINO. Sítio oficial da Plataforma Arduino. Disponível por www em: arduino.cc. Acesso em outubro, 2014.
- ARIGONY-NETO, J. Determinação e interpretação de características glaciológicas e geográficas com sistema de informações geográficas na Área Antártica especialmente gerenciada Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica. 2001. 98 fls. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS.
- ARIGONY-NETO, J. *Monitoring glacier parameters on the Antartic Peninsula – a centerline approach combining satellite and GIS data*. 2006. 136 fls. Tese (Doutorado) - Faculty of Forest and Environmental Sciences, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, Germany.
- BØGGILD, C.E., O.B. OLESEN, A.P. AHLSTRØM AND P. JØRGENSEN. 2004. *AUTOMATIC GLACIER ABLATION MEASUREMENTS USING PRESSURE TRANS-DUCERS*. J. GLACIOL., 50(169), 303–304.
- 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, 50, 2009.
- BOLZAN, M.B. Desenvolvimento de um piranômetro baseado em componentes semicondutores. 2014. 94 fls. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.
- COSTA, C. A. da; YAMIN, A. C.; GEYER, C. F. *Toward a General Software Infrastructure for Ubiquitous Computing*. Pervasive Computing, IEEE, [S.l.], v.7, n.1, p.64 –73, Jan. 2008.
- CUFFEY, K.M PATERSON, W. S. B. *The Physics Of Glaciers*. Fourth Edi ed. 2010.
- FAUSTO, R. S., VAN AS, D. *Ablation observations for 2008–2011 from the Programme for Monitoring of the Greenland Ice Sheet (PROMICE)*. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 26, 73–76, 2012.
- HULT, J. *Instruments and Methods Using a draw-wire sensor to continuously monitor glacier melt*. Journal of Glaciology, Vol. 56, No. 199, 2010.
- LACHAPELLE, E. *Errors in Ablation measutements from settlement and sub-surfece melting*. Journal of Glaciology, Vol. 03, No. 26, 1959.
- LaCrio (2011) “Laboratório de monitoramento da criosfera“, <http://www.lacrio.furg.br/objetivos.html>, Março, 2014.
- Mata, M., Garcia, C. Antártica e as Mudanças Globais: um desafio para humanidade, cap 4, p. 50-67, São Paulo, 2011.
- S. MACDONELL et al. *Meteorological drivers of ablation processes on a cold glacier*. The Cryosphere, 7, 1513–1526, 2013.
- MÜLLER, F., KEELER, C. H. *Errors in Short-Term Ablation Measurements on Melting Ice Surfaces*. Journal of Glaciology, Vol. 08, No. 52, 1969.
- NETO, A. T. Rede de sensores sem fio e computação ubíqua na agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Instrumentação Agropecuária, [S.l.], n.31, Nov. 2009.
- NETTO, G.T., ARIGONY-NETO, J., YAMIN, A. C. *Automatic Weather Station Union 13*. Disponível por www em: [amplus.ufpel.edu.br/us](http://amplus.ufpel.edu.br/us), Outubro, 2014.
- RUIZ, L. B. M. Uma Arquitetura para Gerenciamento de Redes de Sensores Sem Fio. 2003. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Minas Gerais.

- SIMÕES, J. Antartica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global, p. 50-59, São Paulo, 2014.
- SIMÕES, Jefferson C. Glossário da língua portuguesa da neve, do gelo e termos correlatos. *Pesquisa Antártica Brasileira*, v. 4, p. 119-154, 2004.
- 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*, Vol. 57, No. 202, 2011.
- VIEIRA, R. G. et al. Medição de Radiação Solar Global Utilizando Sensor LDR. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, V. 7, No. 1, Abr/2015.
- YAMIN, A. C. Arquitetura para um Ambiente de Grade Computacional Direcionado às Aplicações Distribuídas, Móveis e Conscientes do Contexto da Computação Pervasiva. 2004. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- YE, J.; DOBSON, S.; MAKEEVER. *Situation identification techniques in pervasive computing: A review*. *Pervasive and Mobile Computing* 8 (2012) 36–66.