

## ALTERNATIVAS DE MONUMENTAÇÃO GEODÉSICA PARA CONTROLE VERTICAL DE MARÉGRAFOS

DOUGLAS BUENO LEIPELT  
FELIPE GEREMIANIEVINSKI

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
Instituto de Geociências  
Departamento de Geodésia  
douglas.leipelt@ufrgs.br, felipe.nievinski@ufrgs.br

**RESUMO** - Estudos das mudanças climáticas apontam para um inequívoco aumento do nível médio dos mares globalmente. Os marégrafos instalados em plataformas para determinar este aumento devem ser constantemente aferidos, visto que sofrem interferências externas e com deformações estruturais (como soerguimento ou rebaixamento da crosta terrestre, recalque do píer, etc.), além de problemas relacionados aos erros instrumentais. Sendo assim, a monumentação não deve se somar a estes fatores, evitando se tornar mais uma fonte de erros. Avaliamos a criação de monumentos fiáveis, com base em modelos da UNAVCO, porém mais baratos. Observando sua futura implantação, consideramos também os materiais e métodos a serem praticados na sua execução, obtendo boas perspectivas nas criações destes modelos.

**ABSTRACT** - Studies of climate change point to an unequivocal increase in the average level of the seas globally. The tides installed on platforms to determine this increase must be constantly checked, since they suffer external interferences and structural deformations (such as uplift or crumbling of the earth's crust, jetting of the pier, etc.), as well as problems related to the errors of the equipment. Therefore, the monumentation should not be added to these factors, being more an adder of errors. We suggest building on UNAVCO models of reliable monuments, more feasible the current financial reality, observing their implementation, also considering the materials and methods to be practiced in their execution, obtaining good perspectives in the creations and future implementation of these models.

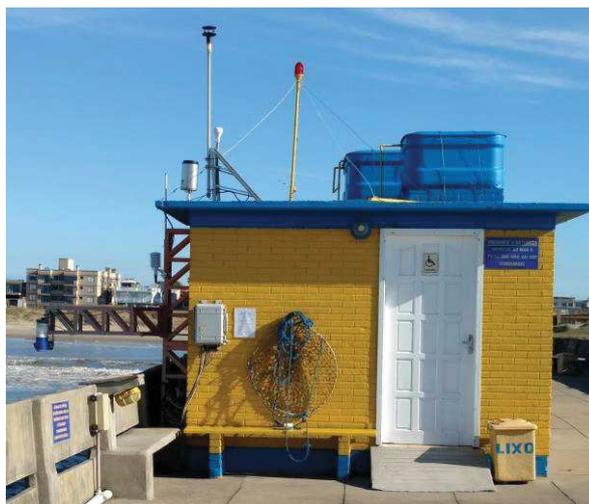
### 1 INTRODUÇÃO

Estudos das mudanças climáticas apontam para um inequívoco aumento do nível médio dos mares (NMM) globalmente [CHURCH et al. 2013]. Porém regionalmente a variação do NMM pode ser maior ou menor do que o valor integrado global. Estas variações são ainda mais nocivas quando por exemplo o fenômeno das ressacas que chegam à costa e fazem com que a água do mar sofra um empilhamento e invadam a beira-mar. No sul do Brasil, este evento ocorre devido à passagem das frentes frias, que podem ocasionar uma agitação acentuada na água do mar. Infelizmente este fenômeno está ocorrendo com frequência cada vez maior, estando associado ao aumento do nível dos mares, causando enormes prejuízos tanto materiais como humanas. Se por um lado somente temos dados de níveis dos oceanos globais e por outro temos dificuldades de capacidade modelagem destes dados, acabamos com grandes incertezas regionais relacionadas ao NMM. O risco que cada cidade costeira brasileira é exposta seria melhor determinado se tivéssemos mais marégrafos ao longo da costa (PBMC, 2016).

Os marégrafos que existem atualmente por vezes estão instalados em plataformas e devem ser constantemente aferidos para isolar interferências externas e deformações locais ou regionais (como soerguimento ou rebaixamento da crosta terrestre, recalque do píer etc.). Dessa forma, instrumentos como da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG), mantida pelo IBGE, necessitam de controle geodésico. Técnicas como GPS e outros GNSS permitem controlar a possibilidade de que estas discrepâncias estruturais ou crustais sejam interpretadas erroneamente como alterações no nível médio do mar (NIEVINSKI e MONICO, 2016).

A monumentação da antena merece a atenção devida, para que não incorra em incertezas adicionais. Logo, se justifica a necessidade da correta implantação de monumentos geodésicos, principalmente em plataformas que avançam sobre o mar, sofrendo mais ainda com as intempéries. Serão apresentadas algumas opções com custo reduzidos e que cumpram suas funções de maneira satisfatória a tal ambiente adverso. Visando com isso oferecer alternativas de monumentação a serem utilizadas nas plataformas marítimas onde estão implantados marégrafos. Um dos locais prioritários mais próximos seria o marégrafo de Tramandaí (RS), como parte da rede SiMCosta da Furg (Figura 1)

Figura 1 - Marégrafo do SiMCosta em Tramandaí (RS).



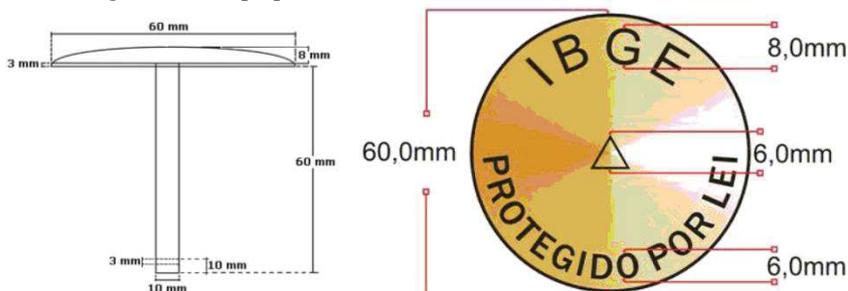
Fonte: Autores.

## 2 LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE

Conforme Monico (2000), alguns tipos de levantamento requerem que após o planejamento e o reconhecimento seja estabelecida a monumentação do ponto de interesse. Este monumento é específico para cada tipo de levantamento, podendo ser uma plaqueta de metal em estrutura estável como um afloramento rochoso, um pino de centragem forçada em pilar de concreto, etc. No presente estudo, necessita-se de dois tipos de monumentação: uma para nivelamento geométrico (referência de nível) e outra para posicionamento por geodesia espacial (GNSS contínuo ou permanente).

Em relação à RN, tomou-se como base a Padronização para Marcos Geodésicos do IBGE (IBGE, 2008), conforme Figura 2. Entretanto, em consulta ao fornecedor do IBGE (empresa Rali de Caxias, no Rio de Janeiro), o preço seria de R\$ 80 por unidade, o que foi considerado alto para nossos trabalhos.

Figura 2 - Chapa padrão IBGE para Referência de Nível.



Fonte: IBGE (1988)

Já para a monumentação GNSS, inicialmente foi considerado o modelo de dispositivo de centragem forçada (DCF) padrão IBGE (Figura 3). Entretanto, a sua fixação ao concreto foi considerada inadequada, por envolver a destruição do material já existente. Ademais, a fixação se dá puramente por agente químico (como cola epóxi), o qual poderia vir a ceder com o tempo, principalmente em locais sujeito a intempéries como chuvas, maresia, oscilações drásticas de temperatura e umidade, como no ambiente marítimo.

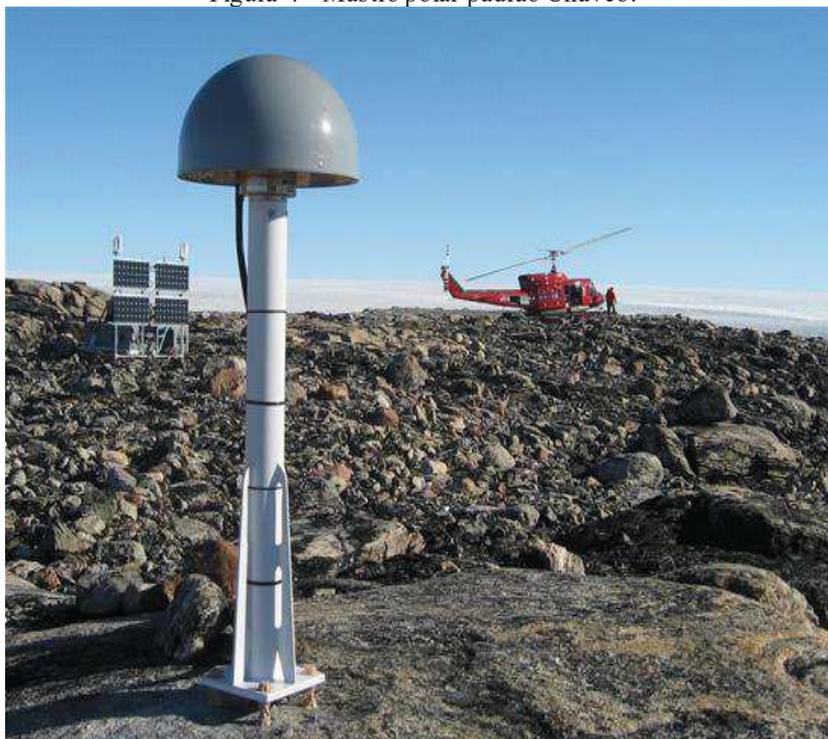
Figura 3 - Dispositivo de centragem forçada padrão IBGE.



Fonte: IBGE (2008).

Posteriormente, foi tomado como segundo modelo para monumentação o mastro polar (figura 4), utilizada pela Unavco (antigamente denominada *University Navstar Consortium*). Entretanto, em consulta ao seu fornecedor (empresa Tech 2000), o custo foi informado em US\$ 750 e US\$ 680 para modelos com 1,5 m e 1 m de altura, respectivamente, o que foi novamente considerado muito oneroso para nossos propósitos.

Figura 4 - Mastro polar padrão Unavco.



Fonte: UNAVCO (2010).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui apresentamos algumas alternativas de monumentação geodésica para controle vertical de marégrafos.

#### 3.1 *Plaquetas para referência de nível*

As plaquetas foram confeccionadas pela empresa RDJ Placas, de Curitiba (PR), sob encomenda especial. São constituídas de chapas metálicas circulares, com pino para fixação na parte inferior e uma saliência abaulada na parte superior. A saliência foi projetada de forma a permitir repouso da régua de nivelamento, sem alteração de sua cota ao ser rotacionada, entre ré e vante. As plaquetas tiveram um custo de confecção de R\$300 pela matriz (Figura 5) e custo

unitário de R\$5,50 (Figura 6). A matriz foi encomendada sem identificação da UFRGS para que pudesse ser reutilizada sem custo pela comunidade científica e profissional.

Figura 5 – Projeto de plaqueta metálica para RN.



Fonte: RDJ Placas

Figura 6 – Exemplo de plaqueta metálica para RN.



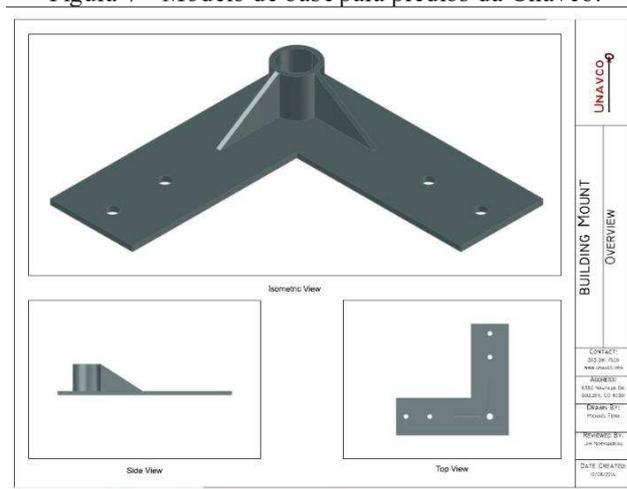
Fonte: Autores.

### 3.2 Monumento GNSS

#### 3.2.1 Geometria

Em consulta à equipe da Unavco (J. Normandeu, comunicação pessoal), foi sugerido um modelo recente, projetado para instalação em quinas no topo de prédios, conforme Figura 7. O mesmo foi considerado mais estável que o DCF do IBGE e mais barato que o mastro polar da própria Unavco.

Figura 7 - Modelo de base para prédios da Unavco.



Fonte: UNAVCO (2018)

A base do modelo e mastro foram confeccionados na Oficina do Instituto de Física da UFRGS, conforme figura 8. Com isso o custo de mão-de-obra para a confecção pode ser assimilado pela instituição, tornando-se mais factível às possibilidades e adequado às necessidades do projeto.

Optou-se por mais um ponto de suporte no engate da base, reforçando assim o ponto de contato entre o mastro e base, impedindo sua variação. Com intuito semelhante, foram feitos mais furos que no projeto da UNAVCO, que contava com quatro furos, sendo aumentados para nove. Há assim uma menor chance de movimentação da base após sua fixação e mais possibilidades de colocação de chumbadores ao longo do tempo.

A placa-base tem 0,5 cm de espessura; 26,5 cm de comprimento; 10 cm de largura; o receptáculo do mastro com 9,5 cm de altura; 8 mm de espessura e 4,7 cm de diâmetro; tendo suas nervuras com 0,5 cm de espessura e cada uma sendo fixada com 7,5 cm soldados ao receptáculo e 2,5 cm soldados à placa-base.

Figura 8 – Modelo fabricado.



Fonte: Autores

O mastro (Figura 9) conta com dimensões de 63 cm de comprimento; 3,2 cm de largura e com espessura de 0,2 cm, em aço inox, sendo torneado para encaixar na base. O comprimento final ainda não foi definido, pois depende da sua estabilidade quando for colocado na base em função dos ventos marítimos. Por fim, será instalada um DCF (não exibido) no topo do mastro, para fixação da antena (com rosca).

Figura 9: Base com o mastro



Fonte: Autores

### 3.2.2 Material

Em relação à escolha do material para confecção da base, foi decidido utilizar o aço inox, devido às condições de clima severas a beira mar, o uso de aço comum foi descartado em função da corrosão. Devido a isso, teve início pesquisa de qual tipo mais se adequaria as necessidades do local. O aço utilizado do tipo inoxidável (inox), mais especificamente a liga 304, que é utilizada em materiais como facas de cozinha, bandejas. Em retrospectiva, teria sido melhor utilizar a liga 316, que tem em sua composição o molibdênio, elemento químico que confere ao aço inox 316 ainda mais resistência, sendo utilizado principalmente em laboratórios. Devida a estas propriedades o aço inox 316 é mais indicado para áreas litorâneas, sendo utilizado em iates, pescas e ambientes marítimos em geral (ABINOX, 2016). Por questões de custo e conveniência na aquisição dos materiais, não foi o adotado para confeccionar o modelo. Foi utilizado material de rejeito, com custo de R\$15 por quilo, com total aproximado de R\$200. Sendo assim, será necessário empregar tinta náutica para proteção extra à corrosão.

### 3.2.3 Fixação

A escolha do melhor método de fixação da antena sobre a laje da estação em virtude das condições climáticas e de que não pode haver movimentação também se mostra um desafio singular. Para esta tarefa seguiu-se novamente a indicação da UNAVCO de utilização de elemento mecânico e químico.

O primeiro trata-se de chumbador/âncora, modelo Parabolt. Este dispositivo se agarra, devido à expansão, dentro do orifício onde ficará inserido. O segundo elemento é um chumbador químico, ou seja, cola do tipo epóxi. Também há

a possibilidade de utilização barra rosqueada, que é colocada dentro do furo e presa apenas com o chumbador químico (figura 10).

Figura 10: Fixação mecânica



Fonte: autores

O adesivo epóxi é bom para utilização em ancoragem de monumentos, visto que é de fácil aplicação, endurecimento rápido, excelente aderência a superfícies como o concreto, impermeável e com elevada resistência à tração e compressão, para os testes foram utilizados o modelo Sikadur 32 da marca Sika, o qual tem excelente resistência mecânica, tanto a tração quanto a compressão. Ele é utilizado se misturando a cola no seu catalisador, sendo que após serem misturados podem ser aplicados, tendo tempo de cura inicial de 24 horas. Foi testado também o chumbador químico WIT P-200 da marca Würth, o qual além de ter as mesmas características de resistência do epóxi, porém tem tempo de cura muito menor (< 1h) e maior facilidade de aplicação, já que dentro da própria embalagem ocorre a mistura dos dois elementos componentes.

Para verificação do seu uso na monumentação, foram realizados testes de ancoragem, utilizando o adesivo epóxi (Figura 11). O adesivo epóxi comprovou sua eficiência como fixador para ancoragem, não havendo movimentação do parafuso mesmo realizando forças por todos os lados com um alicate, o mesmo não se moveu.

Figura 11 - Sequencia de teste de ancoragem utilizando adesivo epóxi



Fonte: autores

Por fim, serão utilizadas três porcas, sendo uma para prender a base contra o parafuso e duas pra nivelar a base e fixá-la, conforme Figura 12.

Figura 12: Forma de nivelamento da base.



Fonte: Unavco.

#### 4 CONCLUSÃO

O projeto tem sua implementação programada para os próximos meses, com a continuação das adequações, como a ancoragem e a própria monumentação. Como trabalhos futuros, serão executados a ponteira do dispositivo de centragem forçada, definição da altura do mastro e sua fixação. Espera-se que o monumento resista as difíceis condições climáticas sem ser fonte de erros nas medições propostas.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao acadêmico Maurício Kenji Yamawaki pelo auxílio no trabalho e a Oficina do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela confecção dos modelos. Esse projeto foi financiado em parte pelo CNPq (457530/2014-6 e) e FAPERGS (26228.414.42497.26062017).

#### REFERÊNCIAS

ABINOX – Associação Brasileira do Inox - informativo nr 08 – Abril de 2016

CHURCH, J. A.; CLARK, P. U.; CAZENAVE, A.; GREGORY, J. M.; JEVREJEVA, S.; LEVERMANN, A.; MERRIFIELD, M. A.; MILNE, G. A.; NEREM, R. S.; NUNN, P. D.; PAYNE, A. J.; PFEFFER, W. T.; STAMMER, D.; UNNIKRIISHNAN, A. S. **Sea Level Change**. In STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (Eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013.

DAWIDOWICZ, K; (2013) **Sea level changes monitoring using GNSS technology – a review of recent efforts**. ACTAADRIATICA, 55(2): 145 - 162, 2014

IBGE. **Padronização de Marcos Geodésicos**. Agosto de 2008

MONICO, J.F.G., **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS Descrição, fundamentos e aplicações**. 1.ed. Presidente Prudente: Editora UNESP, 2000.

NIEVINSKI, F. G.; MONICO, J. F. G. **GPS como um sensor remoto**. In: PARANHOS FILHO, A. C. et al. (Eds.). *Geotecnologias em Aplicações Ambientais*. Campo Grande: Editora da UFMS, 2016.

PBMC, 2016 **Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p.

UNAVCO, 2010 **Polar Mast Overview** Disponível em: <<http://kb.Unavco.org/kb/article.php?id=326>> acessado em: 25 de junho de 2018

WOODWORTH, P. L.; G. WÖPPELMANN, M. MARCOS; M. GRAVELLE; R. M. BINGLEY (2017), **Why we must tie satellite positioning to tide gauge data**, *Eos*, 98, Publicado em 03 Janeiro de 2017.